

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

50212-545
Shiozaki et al.
10/15/2003
10/684,590

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 2 月 1 0 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 3 2 8 9 6
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 3 2 8 9 6]

出 願 人
Applicant(s): 住友電気工業株式会社

2 0 0 4 年 1 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 2 8 3 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 103Y0022

【提出日】 平成15年 2月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 5/18

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 塩▼崎▲ 学

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 茂原 政一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 佐野 知己

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 片山 誠

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 多久島 道子

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 菅沼 寛

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-320481

【出願日】 平成14年11月 1日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 透過型回折光学素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板に回折格子が形成された透過型回折光学素子であって、

前記第 1 面が媒質に接していて、前記第 1 面に前記回折格子が形成され、前記第 2 面に反射防止膜が設けられ、

前記媒質の屈折率を n_1 とし、前記透明平板の前記第 1 面における屈折率を n_2 (ただし、 $n_1 < n_2$) とし、前記回折格子の周期を L として、前記媒質から前記透明平板の前記第 1 面に光が入射したときに、「 $(2 n_1 L / \lambda) \sin \theta = 1$ 」および「 $n_2 / n_1 \leq 3 \sin \theta$ 」なる関係式を満たす光の波長 λ および入射角 θ が存在し、

前記波長 λ および前記入射角 θ において、TE 偏波モードの透過 1 次回折光の回折効率 η_{TE} が 0.8 以上であり、TM 偏波モードの透過 1 次回折光の回折効率 η_{TM} が 0.8 以上である、

ことを特徴とする透過型回折光学素子。

【請求項 2】 前記波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.8 以上である、ことを特徴とする請求項 1 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 3】 前記波長 λ および前記入射角 θ において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.85 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 4】 前記波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.85 以上である、ことを特徴とする請求項 3 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 5】 前記波長 λ および前記入射角 θ において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.9 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 6】 前記波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全

域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.9 以上である、ことを特徴とする請求項 5 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 7】 前記波長 λ および前記入射角 θ において回折効率 η_{TE} と回折効率 η_{TM} との差が 0.05 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 8】 前記波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} の最大値と最小値との差が 0.05 以下である、ことを特徴とする請求項 7 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 9】 前記波長 λ および前記入射角 θ において回折効率 η_{TE} と回折効率 η_{TM} との差が 0.025 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 10】 前記波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} の最大値と最小値との差が 0.025 以下である、ことを特徴とする請求項 9 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 11】 前記所定波長帯域が C バンドを含むことを特徴とする請求項 2, 4, 6, 8 および 10 の何れか 1 項に記載の透過型回折光学素子。

【請求項 12】 前記所定波長帯域が L バンドを含むことを特徴とする請求項 2, 4, 6, 8 および 10 の何れか 1 項に記載の透過型回折光学素子。

【請求項 13】 前記所定波長帯域が C バンドおよび L バンドの双方を含むことを特徴とする請求項 2, 4, 6, 8 および 10 の何れか 1 項に記載の透過型回折光学素子。

【請求項 14】 前記回折格子の周期 L が $2.5 \mu m$ 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の透過型回折光学素子。

【請求項 15】 前記波長 λ が波長帯域 $1.26 \mu m \sim 1.675 \mu m$ 内に含まれることを特徴とする請求項 1 記載の透過型回折光学素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、透過型回折光学素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

回折光学素子は、一般に光の波長を分波・合波するために用いられる。透過型回折光学素子として、マルチレベル周期格子が設けられた回折光学素子を用い、厳密結合波解析法 (Rigorous Coupled-Wave Analysis、以下では RCWA 法と略す。) により、この回折光学素子に入射する光の回折効率を、TE 偏波モード及び TM 偏波モードに分けて評価したものが知られている (例えば非特許文献 1 を参照)。

【0003】

【非特許文献 1】

岡恵子、外 2 名、"厳密結合波理論 (RCWA) による波長オーダーを持つ微細回折光学素子の解析"、日本女子大学紀要、理学部、第 10 号 (2002)、第 99 頁～第 107 頁

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、非特許文献 1 に記載された透過型回折光学素子では、回折格子の周期 L が入射光の波長 λ と同程度の場合 ($L/\lambda < 4.0$)、TE 偏波モードにおける回折効率は 0.8 以上となるものの、TM 偏波モードにおける回折効率は 0.8 に満たず、実用的には不十分なレベルであった。

【0005】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、TE 偏波モードおよび TM 偏波モードの双方における回折効率をより一層高めることが可能な透過型回折光学素子を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明者等は、TE 偏波モードにおける回折効率及び TM 偏波モードにおける回折効率の向上を可能とする透過型回折光学素子について鋭意研究を行った結果、以下のような事実を新たに見出した。

【0007】

透過型回折光学素子において 0 次回折光及び 1 次回折光のみが発生する条件下で、種々のパラメータを変更しながら透過型回折光学素子における回折光の回折効率を RCWA 法に基づき解析したところ、透過 1 次回折光の TE 偏波モードにおける回折効率及び TM 偏波モードにおける回折効率の双方が 0.8 以上となるパラメータの組み合わせが存在することを新たに見出した。かかる研究結果を踏まえて、本発明を想到するに至った。

【0008】

本発明に係る透過型回折光学素子は、互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板に回折格子が形成された透過型回折光学素子であって、第 1 面が媒質に接していて、第 1 面に回折格子が形成され、第 2 面に反射防止膜が設けられ、媒質の屈折率を n_1 とし、透明平板の第 1 面における屈折率を n_2 (ただし、 $n_1 < n_2$) とし、回折格子の周期を L として、媒質から透明平板の第 1 面に光が入射したときに、「 $(2 n_1 L / \lambda) \sin \theta = 1$ 」および「 $n_2 / n_1 \leq 3 \sin \theta$ 」なる関係式を満たす光の波長 λ および入射角 θ が存在し、これら波長 λ および入射角 θ において、TE 偏波モードの透過 1 次回折光の回折効率 η_{TE} が 0.8 以上であり、TM 偏波モードの透過 1 次回折光の回折効率 η_{TM} が 0.8 以上であることを特徴とする。また、波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.8 以上であるのが好適である。なお、本明細書および図面において、波長は、真空中での波長を意味している。

【0009】

波長 λ および入射角 θ において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.85 以上であるのが好適である。また、波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.85 以上であるのが好適である。

【0010】

波長 λ および入射角 θ において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.9 以上であるのが好適である。また、波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} それぞれが 0.9 以

上であるのが好適である。

【0011】

波長 λ および入射角 θ において回折効率 η_{TE} と回折効率 η_{TM} との差が0.05以下であるのが好適である。また、波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} の最大値と最小値との差が0.05以下であるのが好適である。

【0012】

波長 λ および入射角 θ において回折効率 η_{TE} と回折効率 η_{TM} との差が0.025以下であるのが好適である。また、波長 λ が所定波長帯域に含まれ、この所定波長帯域の全域において回折効率 η_{TE} および回折効率 η_{TM} の最大値と最小値と差が0.025以下であるのが好適である。

【0013】

なお、上記所定波長帯域がCバンドを含むのが好適であり、或いは、上記所定波長帯域がLバンドを含むのが好適であり、或いは、上記所定波長帯域がCバンドおよびLバンドの双方を含むのが好適である。

【0014】

回折格子の周期 L が $2.5\mu\text{m}$ 以下であるのが好適である。また、波長 λ が波長帯域 $1.26\mu\text{m}\sim 1.675\mu\text{m}$ 内に含まれるのが好適である。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0016】

まず、図1に基づいて本実施形態の透過型回折光学素子1の構成を説明する。図1は、本実施形態の透過型回折光学素子1の断面構成を示す概略図である。透過型回折光学素子1は、互いに平行な第1面10aおよび第2面10bを有する透明平板10を備える。この透明平板10は、屈折率 n_2 の材料（例えば、ガラス、半導体、有機材料等）からなり、第1面10a上に多数の凸条20が周期 L で配置されていて、これにより回折格子が形成されている。この凸条20は、そ

の断面形状が高さHで幅Wの矩形となっている。透明平板10の第2面10b（上記第1面10aの裏面）には反射防止層（以下、AR層と称する。）30が成膜されて設けられている。第1面10aおよびAR層30それぞれは、屈折率 n_1 ($< n_2$) の媒質（例えば、真空、大気等の気体、液体、有機材料等）に接している。

【0017】

この透過型回折光学素子1において、媒質から透明平板10の第1面10aに波長 λ の光L1が入射角 θ で入射するとする。このとき、透明平板10内部からAR層30に対して回折光が複数の入射角で入射すると、AR層30は予め設定された一つの入射角で入射した回折光のみの反射を防止するので、これ以外の入射角でAR層30に入射した回折光は、AR層30で反射され、第1面10aと第2面10bとの間で多重反射を生じ、回折効率に悪影響を及ぼす。そのため、AR層30での反射防止性を維持するためには次に示すような2条件が必要となる。

【0018】

まず、AR層30での反射防止性を維持するためには、0次回折光L20と1次回折光L21の回折角とが等しくなることが必要であり、そのための条件は次式で与えられる。

$$(2n_1L/\lambda)\sin\theta = 1 \quad \dots(1)$$

【0019】

さらに、AR層30での反射防止性を維持するためには、屈折率 n_2 の透明平板10中において、0次回折光L20と1次回折光L21以外の回折光が発生しないことが必要であり、そのための条件は次式で与えられる。

$$n_2/n_1 \leq 3\sin\theta \quad \dots(2)$$

【0020】

ここで、(2)式を満たす最大屈折率比率 (n_2/n_1) を入射角 θ 毎に表1に示す。

【表 1】

入射角 θ (deg)	最大屈折率比率 (n_2/n_1)	入射角 θ (deg)	最大屈折率比率 (n_2/n_1)
20	1.026	55	2.457
25	1.268	60	2.598
30	1.500	65	2.719
35	1.721	70	2.819
40	1.928	75	2.898
45	2.121	80	2.954
50	2.298		

【0021】

(1)式及び(2)式の双方を満たすように θ 、 n_2/n_1 及び n_1L/λ を調整することにより、透過型回折光学素子1に光L1が入射した際に、反射0次回折光（不図示）、反射1次回折光（不図示）、0次回折光L2₀及び1次回折光L2₁のみが発生することとなり、AR層30での反射防止性が維持される。

【0022】

本発明者らは、このような透過型回折光学素子1を用い、(1)式および(2)式の双方を満たす条件下で、RCWA法によるシミュレーションを行い、透過1次回折光L3₁のTE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率を求めた。

【0023】

RCWA法のシミュレーションに用いるパラメータとして、入射角 θ 、透明平板10と媒質との屈折率の比率 n_2/n_1 、凸条20の高さHと光L1の波長 λ との比率 n_1H/λ 、及び、凸条20の幅Wと周期Lとの比率 W/L を選定した。

【0024】

ここで、 n_2/n_1 、 W/L 及び n_1H/λ は回折効率に密接な関係を有する。 n_2/n_1 及び W/L を変更することで、凸条20が形成された領域に入射光が入射した後の光の分布を制御できる。また、 n_1H/λ を変更することで、凸条20が形成された領域に入射光が入射した後の光の位相を制御できる。

【0025】

また、入射角 θ は、波長 λ の分離・合成性能に密接な関係を有している。入射角 θ が大きくなるほど波長 λ の分離・合成性能が大きくなる。このことより、入射角 θ は、必要な波長分離・合成性能に合わせて適当に設定されればよい。

【0026】

また、波長 λ に関しては、透過型回折光学素子 1 の長さの次元を持つパラメータ (L , H , W) と相似則が成り立つ。例えば、波長 λ が 2 倍となった場合に、 L , H , W を 2 倍すれば、回折効率は変化しない。そこで、本実施形態においては、長さの次元を有する凸条 20 の高さ H を媒質中での波長 λ / n_1 にて規格化して (除して) 用いている。

【0027】

ここで、波長 λ は、波長帯域 $1.26 \sim 1.675 \mu\text{m}$ 内に含まれることが好ましい。波長 λ がこの範囲であれば、透過型回折光学素子 1 を光通信における波長分離素子として好適に用いることが可能となる。

【0028】

以下にこのシミュレーションの詳細を記す。尚、以下のシミュレーションにおいては、任意の値 X , Y , Z , ... の中から最小値を出力する演算を「 $\min(X, Y, Z, \dots)$ 」と記述し、任意の値 X , Y , Z , ... の中から最大値を出力する演算を「 $\max(X, Y, Z, \dots)$ 」と記述する。

【0029】

(シミュレーション A)

シミュレーション A においては、各パラメータ (n_2 / n_1 , $n_1 H / \lambda$, W / L , θ) を次に示すように変更して、RCWA法を用いてシミュレーションを行い、透過 1 次回折光 L_{31} の TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を求めた。すなわち、 n_2 / n_1 については $1.05 \sim 3.00$ の範囲において 0.05 間隔で変更した。 $n_1 H / \lambda$ については $0 \sim 5.00$ の範囲において 0.05 間隔で変更した。 W / L については $0 \sim 1.00$ の範囲において 0.02 間隔で変更した。また、 θ については $25^\circ \sim 80^\circ$ の範囲において 5° 間隔で変更した。

【0030】

そして、(1)式及び(2)式の双方を満たすパラメータの範囲において、 η_{TE} と η_{TM} とが0.8以上となるパラメータの組み合わせを求めた。その結果の一部を図2～図6に回折効率のコンター図として示す。

【0031】

これらの図面において、縦軸は W/L (0～1.00)である。この縦軸においては、上端が $W/L=0$ を示し、下端が $W/L=1.00$ を示している。また、横軸は n_1H/λ (0～5.00)である。この横軸において、左端が $n_1H/\lambda=0$ を示し、右端は $n_1H/\lambda=5.00$ を示している。さらに、図面の下部に記載された数値は、左側が入射角 θ を示し、右側が n_2/n_1 を示している。

【0032】

図2～図4それぞれは、 θ を 50° として n_2/n_1 を1.05から2.25まで0.20間隔で変更した場合の η_{TE} と η_{TM} とのコンター図である。図中の白色で表される部分(以下、白色部と称する。)は、 η_{TE} と η_{TM} とが0.8以上となる領域を示している。つまり、図中の白色部は、「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.8$ 」という条件を満たしている。一方、図中のハッチングを付した部分(以下、斜線部と称する。)は、「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.8$ 」という条件を満たしていない。

【0033】

また、図5～図6は、 n_2/n_1 を1.45に固定して θ を 30° から 80° まで 10° 間隔で変更した場合の η_{TE} と η_{TM} とのコンター図である。図の白色部は「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.8$ 」を満たす領域である。

【0034】

図2～図6に示した以外のパラメータ(n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ)の組み合わせについても、(1)式及び(2)式の双方を満たす条件下で、 η_{TE} と η_{TM} とが0.8以上となる領域が存在している。これらの領域において、 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM})$ が最大値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{TE} 、 η_{TM} の値を図7～図10に示した。

【0035】

このように、シミュレーションAでは、透過1次回折光 L_{31} のTE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率が0.8以上となるパラメータの組み合わせを見出した。

【0036】

(シミュレーションB)

シミュレーションBでは、シミュレーションAにおける「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.8$ 」の条件に、更に η_{TE} と η_{TM} との回折効率の差が0.05以下となる条件を加えて、これらの両条件を満たすパラメータ(n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ)の組み合わせを求めた。具体的には、「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.8$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq 0.05$ 」となるパラメータの組み合わせを、シミュレーションAと同じパラメータ範囲で調査した。その結果の一部を図11～図15に回折効率のコンター図として示す。

【0037】

図11～図13は、 θ を 50° として n_2/n_1 を1.05から2.25まで0.20間隔で変更した場合の η_{TE} と η_{TM} とのコンター図である。図中の白色部は、「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.8$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq 0.05$ 」を満たす領域を示している。一方、図中の斜線部は、上記条件（「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.8$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq 0.05$ 」）を満たさない領域を示している。

【0038】

また、図14～図15は、 n_2/n_1 を1.45に固定して θ を 30° から 80° まで 10° 間隔で変更した場合の η_{TE} と η_{TM} とのコンター図である。図中の白色部は上記条件（「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.8$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq 0.05$ 」）を満たす領域を示している。

【0039】

図11～図15に示した以外のパラメータ(n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ)の組み合わせについても、(1)式及び(2)式の双方を満たす条件下で、上記条件（「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.8$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域が存在している。これらの領域中で、「 $\max(1 - \min(\eta_{TE}$

、 η_{TM} ）、 $4|\eta_{TE}-\eta_{TM}|$ 」が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{TE} 、 η_{TM} の値を図16～図19に示した。

【0040】

ここで、 $|\eta_{TE}-\eta_{TM}|$ に乗ぜられている係数値4は、 $|\eta_{TE}-\eta_{TM}|$ の値（ $0\sim 0.05$ ）を「 $1-\min(\eta_{TE}, \eta_{TM})$ 」の値（ $0\sim 0.2$ ）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0041】

このように、シミュレーションBでは、透過1次回折光 L_{31} におけるTE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率が0.8以上であって、両モードにおける回折効率の差が0.05以下となるパラメータの組み合わせを見出した。

【0042】

例えば、この透過型回折光学素子1を光通信システムの構成部品（例えば、分波器や合波器）として用いる場合、透過型回折光学素子1における回折効率の偏波依存性が小さくなるため、あらゆる偏波状態に対し、通信エラーを低減できる。

【0043】

（シミュレーションC）

シミュレーションCでは、パラメータ（ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ ）をシミュレーションAと同様に変更した。更に、光 L_1 が、波長 λ を中心波長として $\lambda\pm 0.016\lambda$ の波長帯域を有するものとして、RCWA法を用いてシミュレーションを行い、透過1次回折光 L_{31} のTE偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及びTM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を求めた。

【0044】

$\eta_{TE1}\sim\eta_{TE33}$ 及び $\eta_{TM1}\sim\eta_{TM33}$ それぞれは、波長帯域（ $\lambda-0.016\lambda\sim\lambda+0.016\lambda$ ）において、波長を 0.001λ ずつ変更することで得られた33個の値である。そして、これらの値（ $\eta_{TE1}\sim\eta_{TE33}$ 及び $\eta_{TM1}\sim\eta_{TM33}$ ）の最大値 η_{\max} と最小値 η_{\min} とを求めた。ここで、最小値 η_{\min} は $\min(\eta_{TE1}, \eta_{TE2}, \dots, \eta_{TE33}, \eta_{TM1}, \eta_{TM2}, \dots, \eta_{TM33})$ で与えられ、最大値 η_{\max} は $\max(\eta_{TE1}, \eta_{TE2}, \dots, \eta_{TE33}, \eta_{TM1}, \eta_{TM2}, \dots, \eta_{TM33})$ で与えられる。

$\max (\eta_{TE1}, \eta_{TE2}, \dots, \eta_{TE33}, \eta_{TM1}, \eta_{TM2}, \dots, \eta_{TM33})$ で与えられる。

【0045】

更に、(1)式及び(2)式の双方を満たすパラメータの範囲において、 η_{\min} が0.8以上 ($\eta_{\min} \geq 0.8$) となり、且つ、 η_{\max} と η_{\min} との差が0.05以下 ($|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$) となるパラメータの組み合わせを調査した。その結果の一部を図20～図24に回折効率のコンター図として示す。

【0046】

図20～図22は、 θ を 50° に固定するとともに、光L1が波長 λ を中心波長として $\lambda \pm 0.016\lambda$ の波長帯域を有するものとし、且つ、 n_2/n_1 を1.05から2.25まで0.20間隔で変更した場合の η_{\min} と η_{\max} とのコンター図である。図中の白色部は、「 $\eta_{\min} \geq 0.8$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$ 」を満たした領域を示している。一方、図中の斜線部は、上記条件（「 $\eta_{\min} \geq 0.8$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$ 」）を満たさない領域を示している。

【0047】

また、図23～図24は、 n_2/n_1 を1.45に固定して、光L1が波長 λ を中心波長として $\lambda \pm 0.016\lambda$ の波長帯域を有するものとし、且つ、 θ を 30° から 80° まで 10° 間隔で変更した場合の η_{\min} と η_{\max} とのコンター図である。図中の白色部は上記条件（「 $\eta_{\min} \geq 0.8$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$ 」）を満たす領域を示している。

【0048】

図20～図24に示した以外のパラメータ（ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ ）の組み合わせについても、(1)式及び(2)式の双方を満たす条件下で、上記条件（「 $\eta_{\min} \geq 0.8$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域が存在している。これらの領域中で、 $\max (1 - \eta_{\min}, 4|\eta_{\max} - \eta_{\min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{\min} 、 η_{\max} の値を図25～図26に示した。

【0049】

ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乗ぜられている係数値4は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の

値 ($0 \sim 0.05$) を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値 ($0 \sim 0.2$) と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0050】

このようにシミュレーションCでは、波長 λ を中心波長とした波長帯域 $\lambda \pm 0.016\lambda$ の範囲内において、TE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率が0.8以上であって、TE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率の最大値と最小値との差が0.05以下となる透過型回折光学素子1の設計条件（パラメータの組み合わせ）を見出した。

【0051】

表2には、No. 8（図25）およびNo. 55（図26）それぞれにおける波長 λ での全回折効率を示す。

【表2】

	偏波	回折効率				
		反射0次	反射1次	透過0次	透過1次	合計
No. 8	TE	0.016	0.007	0.001	0.976	1.000
	TM	0.012	0.006	0.000	0.982	1.000
No. 55	TE	0.065	0.027	0.012	0.896	1.000
	TM	0.002	0.052	0.048	0.898	1.000

【0052】

表2に示したように、本実施形態の透過型回折光学素子1は、パラメータ（ θ 、 n_2/n_1 、 n_1L/λ ）を(1)式及び(2)式の双方を満たすように設定しているので、反射0次回折光、反射1次回折光、透過0次回折光 L_{30} 及び透過1次回折光 L_{31} 以外の高次の回折光が発生しない。

【0053】

また、図27（a）には、No. 8（図25）における、 η_{TE} と波長との関係、及び、 η_{TM} と波長との関係を示した。図の縦軸は回折効率を示し、図の横軸は光 L_1 の波長を示している。本図においては、波長を $\pm 4\%$ の範囲で変更して、回折効率を求めている。破線で示した範囲は、波長 λ を中心波長とした波長帯域 λ

$\pm 0.016\lambda$ の範囲である。この範囲内 ($\lambda - 0.016\lambda \sim \lambda + 0.016\lambda$) において、 η_{TE} 及び η_{TM} は 0.8 以上であり、 η_{\max} と η_{\min} との差は 0.05 以下である。

【0054】

同様に、図 27 (b) には、No. 55 (図 26) における、 η_{TE} と波長との関係、及び、 η_{TM} と波長との関係を示した。波長 λ を中心波長とした波長帯域 $\lambda \pm 0.016\lambda$ の範囲内において、 η_{TE} 及び η_{TM} は 0.8 以上であり、 η_{\max} と η_{\min} との差は 0.05 以下である。

【0055】

例えば、この透過型回折光学素子 1 を光通信システムに組み込む場合、回折効率すなわち透過型回折光学素子 1 における光損失の偏波依存性及び波長依存性が小さくなるため、あらゆる偏波及び波長帯域内の波長に対し通信エラーを低減できる。

【0056】

また、この透過型回折格子素子 1 を用いることにより、国際規格 (ITU) で定められた波長帯域である C バンド (波長 $1.53 \sim 1.565 \mu\text{m}$) を全域、L バンド (波長 $1.565 \sim 1.625 \mu\text{m}$) の 85% をカバーすることができる。

【0057】

なお、シミュレーション C では帯域を $\lambda \pm 0.016\lambda$ としてシミュレーションを行なったが、これは、波長帯域を有する光に対する回折格子の設計方法の一例である。C バンドで回折格子を用いる場合は帯域として $1.53 \sim 1.565 \mu\text{m}$ を、L バンドで回折格子を用いる場合は帯域として $1.565 \sim 1.625 \mu\text{m}$ を、C バンドおよび L バンドの双方で回折格子を用いる場合は帯域として $1.53 \sim 1.625 \mu\text{m}$ を、それぞれ設定して、シミュレーション C と同様な手法で設計すればよい。

【0058】

(シミュレーション D)

シミュレーション D では、パラメータ (n_2/n_1 、 $n_1 H/\lambda$ 、 W/L 、 θ)

をシミュレーションAと同様に変更して、(1)式及び(2)式の双方を満たす条件下で、透過1次回折光 L_{31} のTE偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及びTM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} の双方が0.85以上または0.90以上となるパラメータの組み合わせを調べた。

【0059】

η_{TE} 及び η_{TM} の双方が0.85以上であって $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM})$ が最大値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{TE} 、 η_{TM} の値を図28～図30に示した。

【0060】

また、 η_{TE} 及び η_{TM} の双方が0.90以上であって $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM})$ が最大値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{TE} 、 η_{TM} の値を図31～図32に示した。

【0061】

なお、 η_{TE} 及び η_{TM} の双方が0.80以上であって $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM})$ が最大値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{TE} 、 η_{TM} の値については既に図7～図10に示した。

【0062】

このように、シミュレーションDでは、透過1次回折光 L_{31} のTE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率が0.85以上または0.90以上となるパラメータの組み合わせを見出した。

【0063】

(シミュレーションE)

シミュレーションEでは、シミュレーションBと略同様にして、パラメータ(n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ)をシミュレーションAと同様に変更し、「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq x$ 」の条件に、更に η_{TE} と η_{TM} との回折効率の差が y 以下となる条件を加えて、これらの両条件を満たすパラメータ(n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ)の組み合わせを求めた。具体的には、「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq x$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq y$ 」となるパラメータの組み合わせを、シミュレーションAと同じパラメータ範囲で調査した。ここで、 x は0.85または0

、90であり、 y は0.05または0.025である。

【0064】

条件（「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.85$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、「 $\max(1 - \min(\eta_{TE}, \eta_{TM}), 3|\eta_{TE} - \eta_{TM}|)$ 」が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 $n_1 H/\lambda$ 、 W/L 、 θ の値及び η_{TE} 、 η_{TM} の値を図33～図35に示した。ここで、 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}|$ に乘ぜられている係数値3は、 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}|$ の値（0～0.05）を「 $1 - \min(\eta_{TE}, \eta_{TM})$ 」の値（0～0.15）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0065】

また、条件（「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、「 $\max(1 - \min(\eta_{TE}, \eta_{TM}), 2|\eta_{TE} - \eta_{TM}|)$ 」が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 $n_1 H/\lambda$ 、 W/L 、 θ の値及び η_{TE} 、 η_{TM} の値を図36～図37に示した。ここで、 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}|$ に乘ぜられている係数値2は、 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}|$ の値（0～0.05）を「 $1 - \min(\eta_{TE}, \eta_{TM})$ 」の値（0～0.1）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0066】

また、条件（「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq 0.025$ 」）を満足する領域中で、「 $\max(1 - \min(\eta_{TE}, \eta_{TM}), 4|\eta_{TE} - \eta_{TM}|)$ 」が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 $n_1 H/\lambda$ 、 W/L 、 θ の値及び η_{TE} 、 η_{TM} の値を図38～図39に示した。ここで、 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}|$ に乘ぜられている係数値4は、 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}|$ の値（0～0.025）を「 $1 - \min(\eta_{TE}, \eta_{TM})$ 」の値（0～0.10）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0067】

なお、条件（「 $\min(\eta_{TE}, \eta_{TM}) \geq 0.80$ 」且つ「 $|\eta_{TE} - \eta_{TM}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、「 $\max(1 - \min(\eta_{TE}, \eta_{TM}), 4|\eta_{TE} - \eta_{TM}|)$ 」が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 $n_1 H/\lambda$ 、 W/L

、 θ の値及び η_{TE} 、 η_{TM} の値については既に図16～図19に示した。

【0068】

このように、シミュレーションEでは、透過1次回折光 L_{31} におけるTE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率が0.85以上または0.90以上であって、両モードにおける回折効率の差が0.05以下または0.025以下となるパラメータの組み合わせを見出した。

【0069】

(シミュレーションF)

シミュレーションFでは、シミュレーションCと略同様にして、パラメータ (n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ) をシミュレーションAと同様に変更し、更に、光 L_1 が、波長 λ を中心波長として $\lambda \pm 0.016\lambda$ の波長帯域を有するものとして、RCWA法を用いてシミュレーションを行い、透過1次回折光 L_{31} のTE偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及びTM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を求めた。

【0070】

$\eta_{TE1} \sim \eta_{TE33}$ 及び $\eta_{TM1} \sim \eta_{TM33}$ それぞれは、波長帯域 ($\lambda - 0.016\lambda \sim \lambda + 0.016\lambda$) において、波長を 0.001λ ずつ変更することで得られた33個の値である。そして、これらの値 ($\eta_{TE1} \sim \eta_{TE33}$ 及び $\eta_{TM1} \sim \eta_{TM33}$) の最大値 η_{\max} と最小値 η_{\min} とを求めた。ここで、最小値 η_{\min} は $\min(\eta_{TE1}, \eta_{TE2}, \dots, \eta_{TE33}, \eta_{TM1}, \eta_{TM2}, \dots, \eta_{TM33})$ で与えられ、最大値 η_{\max} は $\max(\eta_{TE1}, \eta_{TE2}, \dots, \eta_{TE33}, \eta_{TM1}, \eta_{TM2}, \dots, \eta_{TM33})$ で与えられる。

【0071】

条件 ($\eta_{\min} \geq 0.85$ 且つ $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$) を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{\min}, 3|\eta_{\max} - \eta_{\min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{\min} 、 η_{\max} の値を図40～図41に示した。ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乘ぜられている係数値3は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の値 (0～0.05) を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値 (0～0.15) と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0072】

また、条件（「 $\eta_{\min} \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{\min}, 2|\eta_{\max} - \eta_{\min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 $n_1 H/\lambda$ 、 W/L 、 θ の値及び η_{\min} 、 η_{\max} の値を図 4.2 に示した。ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乗ぜられている係数値 2 は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の値（0～0.05）を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値（0～0.10）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0073】

また、条件（「 $\eta_{\min} \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.025$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{\min}, 4|\eta_{\max} - \eta_{\min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 $n_1 H/\lambda$ 、 W/L 、 θ の値及び η_{\min} 、 η_{\max} の値を図 4.3 に示した。ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乗ぜられている係数値 4 は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の値（0～0.025）を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値（0～0.10）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0074】

なお、条件（「 $\eta_{\min} \geq 0.80$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{\min}, 4|\eta_{\max} - \eta_{\min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 $n_1 H/\lambda$ 、 W/L 、 θ の値及び η_{\min} 、 η_{\max} の値については既に図 2.5～図 2.6 に示した。

【0075】

このようにシミュレーション F では、波長 λ を中心波長とした波長帯域 $\lambda \pm 0.016\lambda$ の範囲内において、TE 偏波モードにおける回折効率及び TM 偏波モードにおける回折効率が 0.85 以上または 0.90 以上であって、TE 偏波モードにおける回折効率及び TM 偏波モードにおける回折効率の最大値と最小値との差が 0.05 以下または 0.025 以下となる透過型回折光学素子 1 の設計条件（パラメータの組み合わせ）を見出した。

【0076】

（シミュレーション G）

シミュレーション G では、シミュレーション C と略同様にして、パラメータ（ n_2/n_1 、 $n_1 H/\lambda$ 、 W/L 、 θ ）をシミュレーション A と同様に変更し、更

に、光 L_1 が、Cバンドの帯域を有するものとして、RCWA法を用いてシミュレーションを行い、透過1次回折光 L_{31} のTE偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及びTM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を求めた。Cバンドにおける η_{TE} および η_{TM} の最大値 η_{max} と最小値 η_{min} とを求めた。

【0077】

条件（「 $\eta_{min} \geq 0.80$ 」且つ「 $|\eta_{max} - \eta_{min}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{min}, 4|\eta_{max} - \eta_{min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{min} 、 η_{max} の値を図44～図45に示した。ここで、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ に乗ぜられている係数値4は、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ の値（0～0.05）を「 $1 - \eta_{min}$ 」の値（0～0.20）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0078】

また、条件（「 $\eta_{min} \geq 0.85$ 」且つ「 $|\eta_{max} - \eta_{min}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{min}, 3|\eta_{max} - \eta_{min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{min} 、 η_{max} の値を図46～図47に示した。ここで、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ に乗ぜられている係数値3は、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ の値（0～0.05）を「 $1 - \eta_{min}$ 」の値（0～0.15）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0079】

また、条件（「 $\eta_{min} \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{max} - \eta_{min}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{min}, 2|\eta_{max} - \eta_{min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{min} 、 η_{max} の値を図48に示した。ここで、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ に乗ぜられている係数値2は、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ の値（0～0.05）を「 $1 - \eta_{min}$ 」の値（0～0.10）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0080】

また、条件（「 $\eta_{min} \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{max} - \eta_{min}| \leq 0.025$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{min}, 4|\eta_{max} - \eta_{min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{min} 、 η_{max} の

値を図 49 に示した。ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乗ぜられている係数値 4 は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の値 (0 ~ 0.025) を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値 (0 ~ 0.10) と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0081】

このようにシミュレーション G では、C バンド内において、TE 偏波モードにおける回折効率及び TM 偏波モードにおける回折効率が 0.80 以上、0.85 以上または 0.90 以上であって、TE 偏波モードにおける回折効率及び TM 偏波モードにおける回折効率の最大値と最小値との差が 0.05 以下または 0.025 以下となる透過型回折光学素子 1 の設計条件 (パラメータの組み合わせ) を見出した。

【0082】

(シミュレーション H)

シミュレーション H では、シミュレーション C と略同様にして、パラメータ (n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ) をシミュレーション A と同様に変更し、更に、光 L1 が、L バンドの帯域を有するものとして、RCWA 法を用いてシミュレーションを行い、透過 1 次回折光 L31 の TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を求めた。L バンドにおける η_{TE} および η_{TM} の最大値 η_{\max} と最小値 η_{\min} とを求めた。

【0083】

条件 (「 $\eta_{\min} \geq 0.80$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$ 」) を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{\min}, 4|\eta_{\max} - \eta_{\min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{\min} 、 η_{\max} の値を図 50 ~ 図 51 に示した。ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乗ぜられている係数値 4 は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の値 (0 ~ 0.05) を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値 (0 ~ 0.20) と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0084】

また、条件 (「 $\eta_{\min} \geq 0.85$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$ 」) を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{\min}, 3|\eta_{\max} - \eta_{\min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{\min} 、 η_{\max} の値

を図52～図53に示した。ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乘ぜられている係数値3は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の値(0～0.05)を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値(0～0.15)と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0085】

また、条件(「 $\eta_{\min} \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.05$ 」)を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{\min}, 2|\eta_{\max} - \eta_{\min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{\min} 、 η_{\max} の値を図54に示した。ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乘ぜられている係数値2は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の値(0～0.05)を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値(0～0.10)と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0086】

また、条件(「 $\eta_{\min} \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}| \leq 0.025$ 」)を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{\min}, 4|\eta_{\max} - \eta_{\min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{\min} 、 η_{\max} の値を図55に示した。ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乘ぜられている係数値4は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の値(0～0.025)を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値(0～0.10)と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0087】

このようにシミュレーションHでは、Lバンド内において、TE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率が0.80以上、0.85以上または0.90以上であって、TE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率の最大値と最小値との差が0.05以下または0.025以下となる透過型回折光学素子1の設計条件(パラメータの組み合わせ)を見出した。

【0088】

(シミュレーションI)

シミュレーションIでは、シミュレーションCと略同様にして、パラメータ(n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ)をシミュレーションAと同様に変更し、更に、光L1が、CバンドおよびLバンドの双方の帯域を有するものとして、RC

WA法を用いてシミュレーションを行い、透過1次回折光 L_{31} のTE偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及びTM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を求めた。CバンドおよびLバンドにおける η_{TE} および η_{TM} の最大値 η_{max} と最小値 η_{min} とを求めた。

【0089】

条件（「 $\eta_{min} \geq 0.80$ 」且つ「 $|\eta_{max} - \eta_{min}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{min}, 4|\eta_{max} - \eta_{min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{min} 、 η_{max} の値を図56に示した。ここで、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ に乘ぜられている係数値4は、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ の値（0～0.05）を「 $1 - \eta_{min}$ 」の値（0～0.20）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0090】

また、条件（「 $\eta_{min} \geq 0.85$ 」且つ「 $|\eta_{max} - \eta_{min}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{min}, 3|\eta_{max} - \eta_{min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{min} 、 η_{max} の値を図57に示した。ここで、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ に乘ぜられている係数値3は、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ の値（0～0.05）を「 $1 - \eta_{min}$ 」の値（0～0.15）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0091】

また、条件（「 $\eta_{min} \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{max} - \eta_{min}| \leq 0.05$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{min}, 2|\eta_{max} - \eta_{min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{min} 、 η_{max} の値を図58に示した。ここで、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ に乘ぜられている係数値2は、 $|\eta_{max} - \eta_{min}|$ の値（0～0.05）を「 $1 - \eta_{min}$ 」の値（0～0.10）と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0092】

また、条件（「 $\eta_{min} \geq 0.90$ 」且つ「 $|\eta_{max} - \eta_{min}| \leq 0.025$ 」）を満足する領域中で、 $\max(1 - \eta_{min}, 4|\eta_{max} - \eta_{min}|)$ が最小値を取る際の各パラメータ n_2/n_1 、 n_1H/λ 、 W/L 、 θ の値及び η_{min} 、 η_{max} の

値を図59に示した。ここで、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ に乘ぜられている係数値4は、 $|\eta_{\max} - \eta_{\min}|$ の値(0~0.025)を「 $1 - \eta_{\min}$ 」の値(0~0.10)と同範囲に変換し、両者を比較可能とするためのものである。

【0093】

このようにシミュレーションIでは、CバンドおよびLバンドの双方の帯域内において、TE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率が0.80以上、0.85以上または0.90以上であって、TE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率の最大値と最小値との差が0.05以下または0.025以下となる透過型回折光学素子1の設計条件(パラメータの組み合わせ)を見出した。

【0094】

シミュレーションA~Iより明らかなように、本実施形態の透過型回折光学素子1においては、透過1次回折光 L_{31} のTE偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及びTM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を0.8以上(さらに、0.85以上、0.90以上)にまで高めることが可能となるとともに、透過型回折光学素子1の偏波依存性及び波長依存性を低減することができる。

【0095】

なお、透過型回折光学素子は、レンズや光ファイバ等とともに用いられ、また、レンズ収差や光ファイバの位置ずれ等を補正する為に更に他のレンズも用いられる場合がある。例えば、光ファイバの端面から出射した光がレンズによりコリメートされ、そのコリメートされた光が透過型回折光学素子により波長に応じて回折され、その回折された各波長の光が他のレンズにより集光されて他の光ファイバの端面に入射する。このとき、光は、レンズにおいて損失を被り、また、光ファイバ端面における入出射の際にも損失を被る。このような場合に、透過型回折光学素子の回折効率 η_{TE} 及び η_{TM} が0.85以上または0.90以上であるのが好適である。

【0096】

また、透過型回折光学素子は、ミラー等とともに用いられる場合がある。例えば、透過型回折光学素子により回折された光がミラーにより反射され、その反射

された光が再び透過型回折光学素子により回折される。このとき、光は透過型回折光学素子を2回通過することにより、偏波モード間の回折効率の差が大きくなる。このような場合に、透過型回折光学素子の回折効率 η_{TE} 及び η_{TM} が0.90以上であるのが好適であって、回折効率 η_{TE} と η_{TM} との差が0.025以下であるのが好適である。

【0097】

さらに、透過型回折光学素子における透過1次回折光の角分散Dは大きいほど好ましく、この場合、透過型回折光学素子における波長分離が大きく、透過型回折光学素子および他の光学素子（例えば、回折光を受光する受光素子や光ファイバ）を含む光学装置を小型化することができる。このことから、回折格子の周期Lは短いほど好ましく、周期Lが $2.5\mu\text{m}$ 以下であるのが好適である。これについて以下に説明する。透過型回折光学素子における透過1次回折光の角分散Dは、回折角 ϕ を波長 λ で微分したものであり、次式で表される。ここで、 θ は入射角である。

$$D = |d\phi / d\lambda| = |2 \tan \theta / \lambda| \quad \cdots (3)$$

【0098】

Cバンドにおける光周波数間隔50GHz（波長間隔0.4nm）の波長分割多重光通信において、媒質が空気（屈折率 $n_1=1$ ）であって、上記の他の光学素子の配置のピッチが0.125mmであるとする。入射角 θ が 30° であると、角分散Dは $0.043^\circ / \text{nm}$ であり、透過型回折光学素子と他の光学素子との間の距離は420mm程度が必要である。これに対して、入射角 θ が 50° であれば、透過型回折光学素子と他の光学素子との間の距離は200mm程度でよく、透過型回折光学素子および他の光学素子を含む光学装置を小型化することができる。

【0099】

上記(1)式から判るように、回折格子の周期Lが短いほど、入射角 θ が大きく、したがって、角分散Dも大きい。波長 λ がUバンド（1625nm～1675nm）の上限波長以下であると、上記(1)式および(2)式の双方を満たす周期Lは $2.5\mu\text{m}$ 以下である。つまり、透過型回折光学素子は、周期Lが $2.5\mu\text{m}$ 以

下であれば、上記(1)式および(2)式の双方を満たしつつ、高い角分散で1675 nm以下の光を回折することができる。

【0100】

非特許文献1にも触れられているが、RCWA法とは、1次元透過型回折格子の設計・評価に用いられる理論の一つである。格子の周期が入射光の波長よりも十分に大きい場合には、スカラー波近似の理論が成り立つが、格子の周期が入射光の波長に近づくと、スカラー波近似が成り立たなくなり、入射光をベクトル波として取り扱う必要が生じる。RCWA法は、周期構造を深さ方向にスライスして、各層における結合波方程式を作り、連続条件を付加して、入射／反射領域、透過領域、出射領域におけるそれぞれの解を求めるものである。

【0101】

尚、本実施形態においては、光L1は、透明平板10の第1面10a側（凸条20が設けられている側）に入射しているが、光L1が透明平板10の他方の第2面10b側（AR層30が成膜されている側）に入射しても同様の効果が得られる。また、本実施形態の透過型回折光学素子1においては、第1面10a側に凸条20を設けているが、凸条20の代わりに凹溝を設けても構わない。

【0102】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、TE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率を0.8以上にまで高めることが可能な透過型回折光学素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態に係る透過型回折光学素子の断面構成を示す概略図である。

【図2】

シミュレーションAの結果を示すコンター図である。

【図3】

シミュレーションAの結果を示すコンター図である。

【図4】

シミュレーション A の結果を示すコンター図である。

【図 5】

シミュレーション A の結果を示すコンター図である。

【図 6】

シミュレーション A の結果を示すコンター図である。

【図 7】

シミュレーション A により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 8】

シミュレーション A により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 9】

シミュレーション A により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 10】

シミュレーション A により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 11】

シミュレーション B の結果を示すコンター図である。

【図 12】

シミュレーション B の結果を示すコンター図である。

【図 13】

シミュレーション B の結果を示すコンター図である。

【図 14】

シミュレーション B の結果を示すコンター図である。

【図 15】

シミュレーション B の結果を示すコンター図である。

【図 16】

シミュレーション B により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び

TM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 17】

シミュレーションBにより得られたTE偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及びTM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 18】

シミュレーションBにより得られたTE偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及びTM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 19】

シミュレーションBにより得られたTE偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及びTM偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 20】

シミュレーションCの結果を示すコンター図である。

【図 21】

シミュレーションCの結果を示すコンター図である。

【図 22】

シミュレーションCの結果を示すコンター図である。

【図 23】

シミュレーションCの結果を示すコンター図である。

【図 24】

シミュレーションCの結果を示すコンター図である。

【図 25】

シミュレーションCにより得られた回折効率の最大値 η_{max} 及び回折効率の最小値 η_{min} を示す図表である。

【図 26】

シミュレーションCにより得られた回折効率の最大値 η_{max} 及び回折効率の最小値 η_{min} を示す図表である。

【図 27】

(a) はシミュレーションCにおけるNo. 8の η_{TE} , η_{TM} と波長との関係を示すグラフであり、(b) はシミュレーションCにおけるNo. 55の η_{TE} , η_{TM} と

波長との関係を示すグラフである。

【図 28】

シミュレーション D により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 29】

シミュレーション D により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 30】

シミュレーション D により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 31】

シミュレーション D により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 32】

シミュレーション D により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 33】

シミュレーション E により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 34】

シミュレーション E により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 35】

シミュレーション E により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 36】

シミュレーション E により得られた TE 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び TM 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 37】

シミュレーション E により得られた T E 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び T M 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 3 8】

シミュレーション E により得られた T E 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び T M 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 3 9】

シミュレーション E により得られた T E 偏波モードにおける回折効率 η_{TE} 及び T M 偏波モードにおける回折効率 η_{TM} を示す図表である。

【図 4 0】

シミュレーション F により得られた回折効率の最大値 η_{max} 及び回折効率の最小値 η_{min} を示す図表である。

【図 4 1】

シミュレーション F により得られた回折効率の最大値 η_{max} 及び回折効率の最小値 η_{min} を示す図表である。

【図 4 2】

シミュレーション F により得られた回折効率の最大値 η_{max} 及び回折効率の最小値 η_{min} を示す図表である。

【図 4 3】

シミュレーション F により得られた回折効率の最大値 η_{max} 及び回折効率の最小値 η_{min} を示す図表である。

【図 4 4】

シミュレーション G により得られた回折効率の最大値 η_{max} 及び回折効率の最小値 η_{min} を示す図表である。

【図 4 5】

シミュレーション G により得られた回折効率の最大値 η_{max} 及び回折効率の最小値 η_{min} を示す図表である。

【図 4 6】

シミュレーション G により得られた回折効率の最大値 η_{max} 及び回折効率の最小値 η_{min} を示す図表である。

【図 4 7】

シミュレーション G により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 4 8】

シミュレーション G により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 4 9】

シミュレーション G により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 5 0】

シミュレーション H により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 5 1】

シミュレーション H により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 5 2】

シミュレーション H により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 5 3】

シミュレーション H により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 5 4】

シミュレーション H により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 5 5】

シミュレーション H により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 5 6】

シミュレーション I により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最

小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 5 7】

シミュレーション I により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

【図 5 8】

シミュレーション I により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

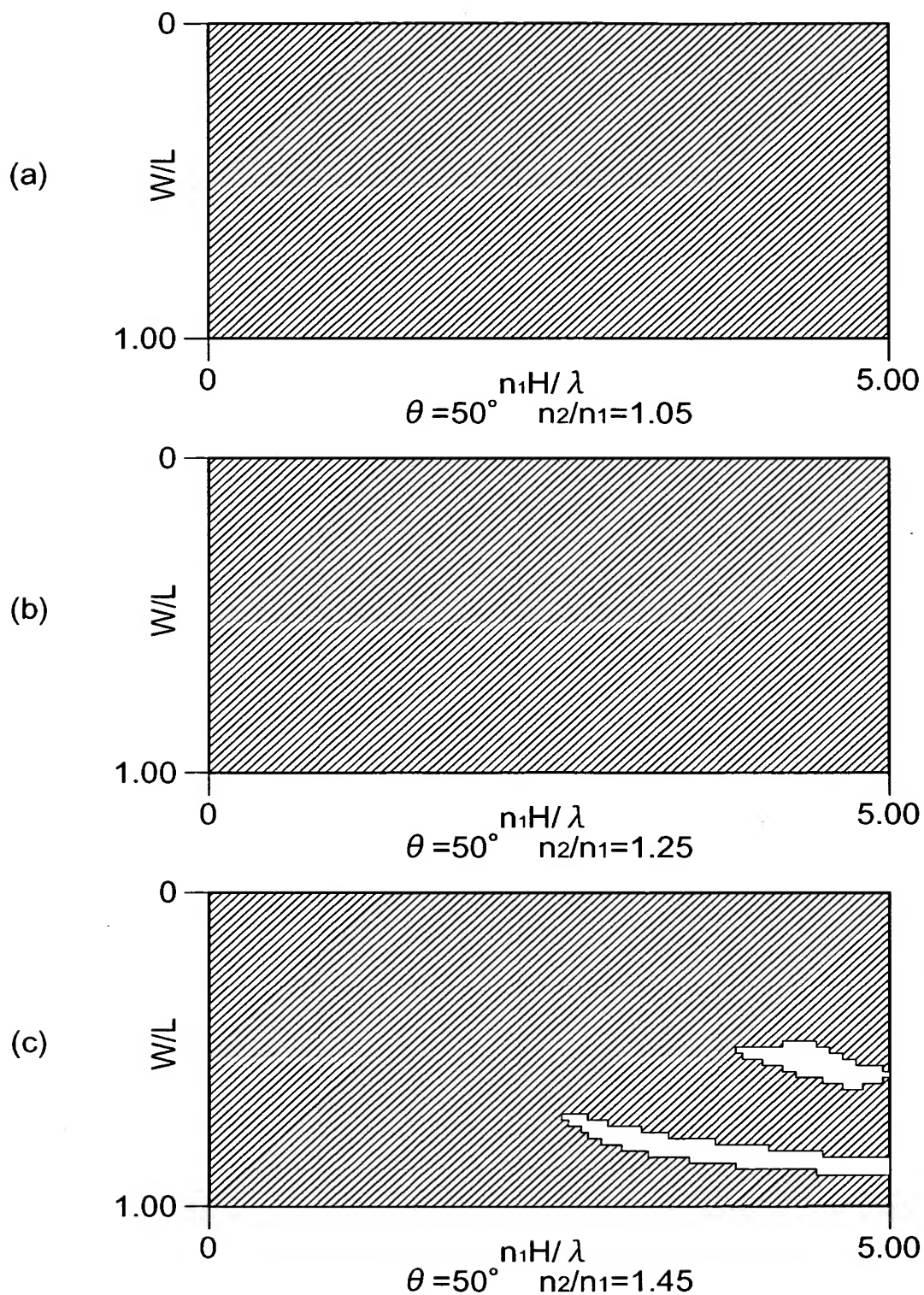
【図 5 9】

シミュレーション I により得られた回折効率の最大値 η_{\max} 及び回折効率の最小値 η_{\min} を示す図表である。

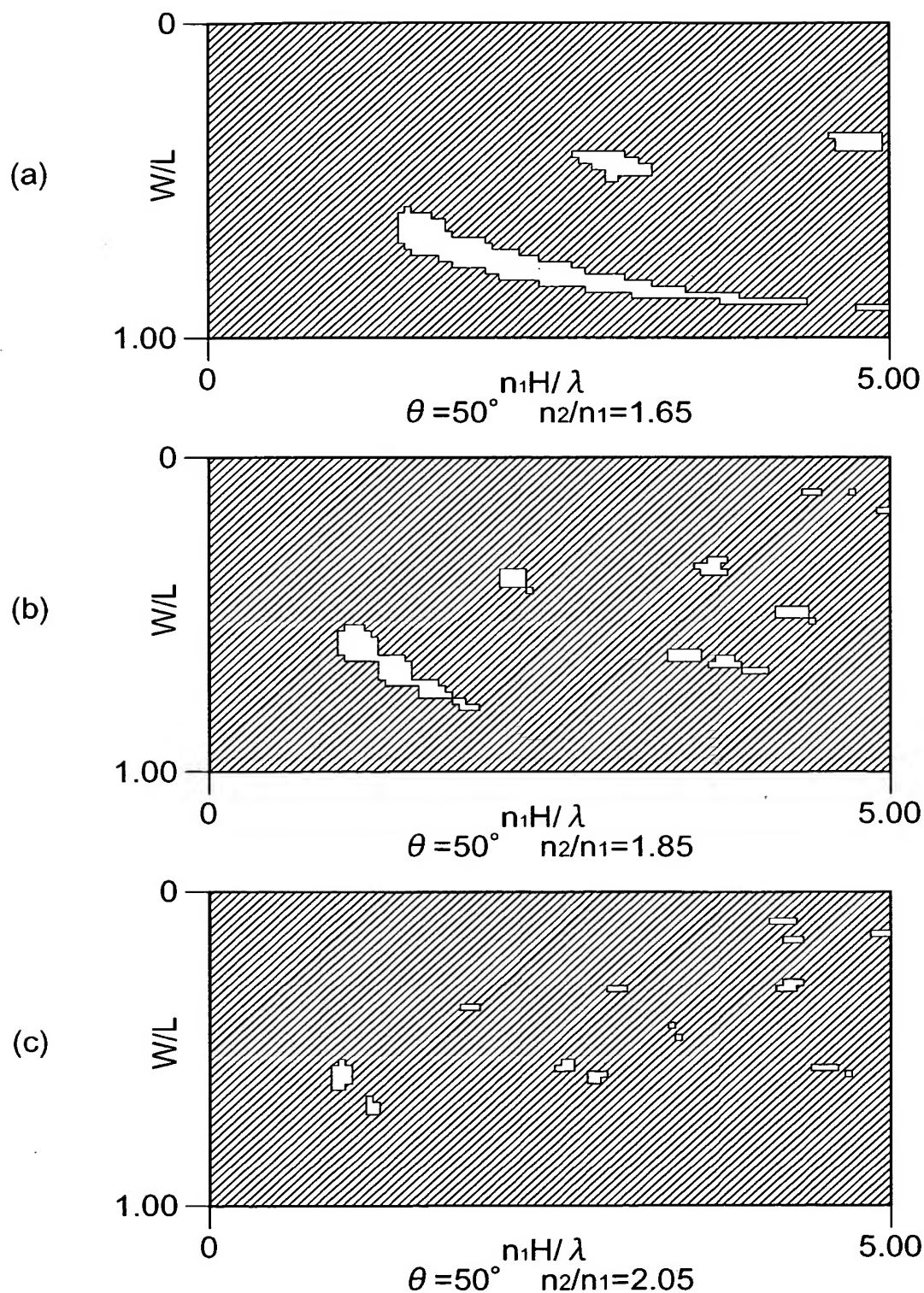
【符号の説明】

1 …透過型回折光学素子、1 0 …透明平板、2 0 …凸条、3 0 …反射防止層。

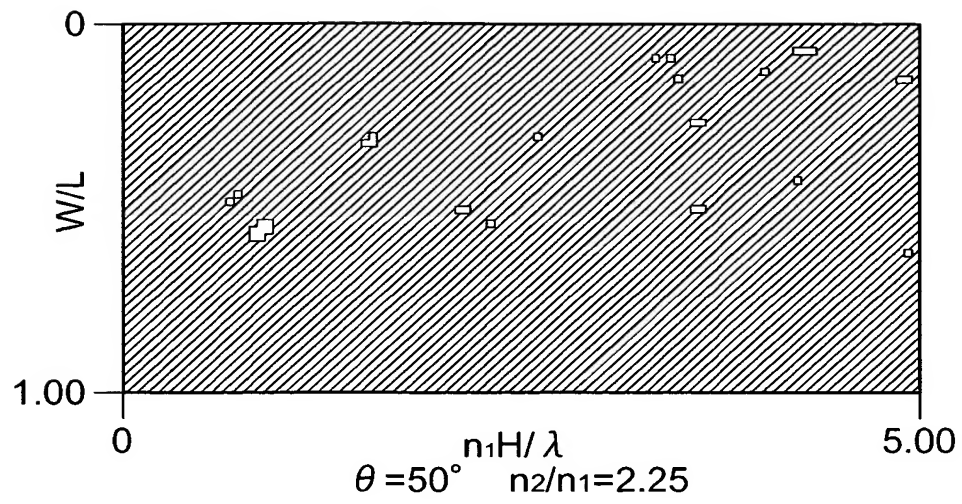
【図 2】



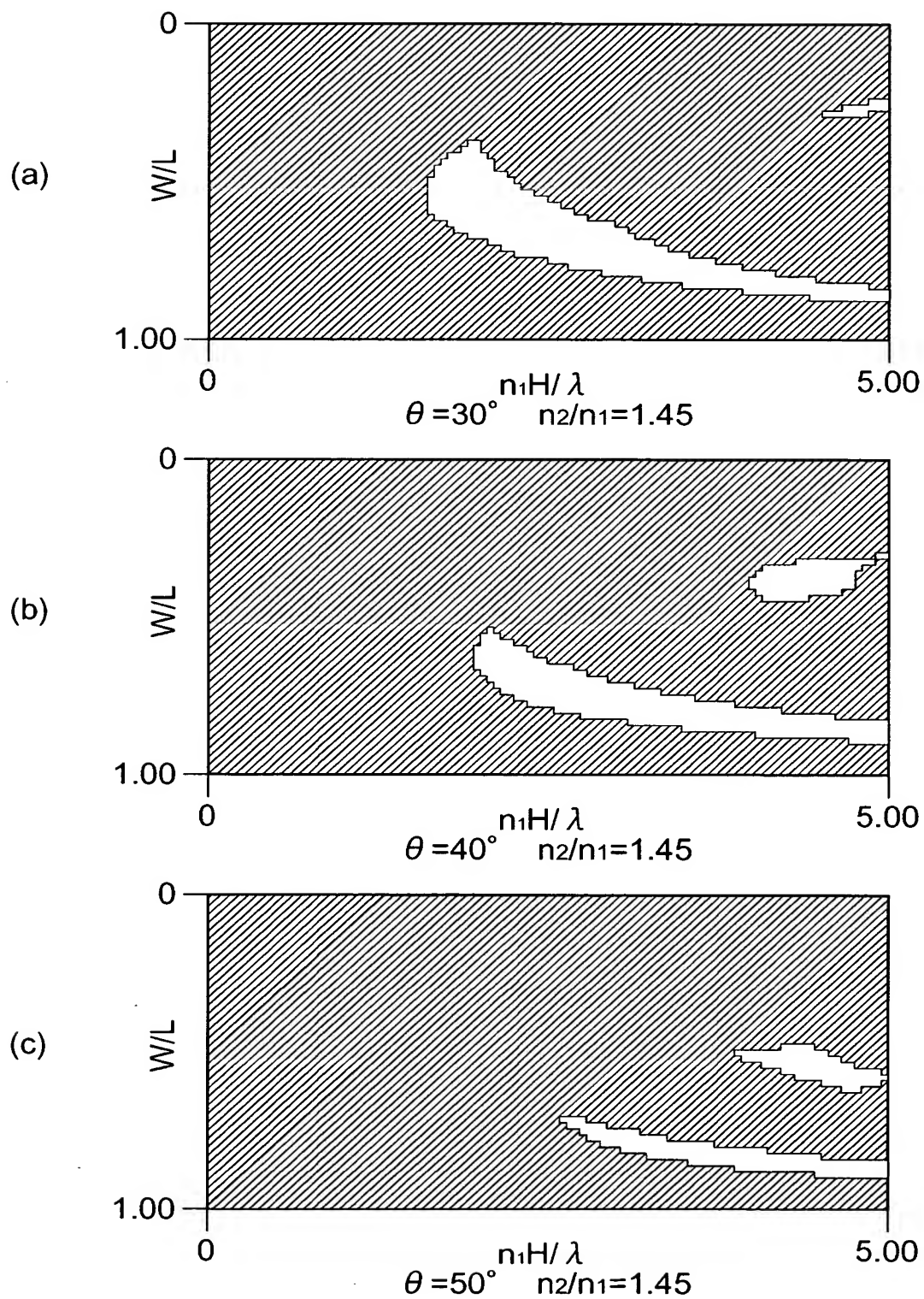
【図 3】



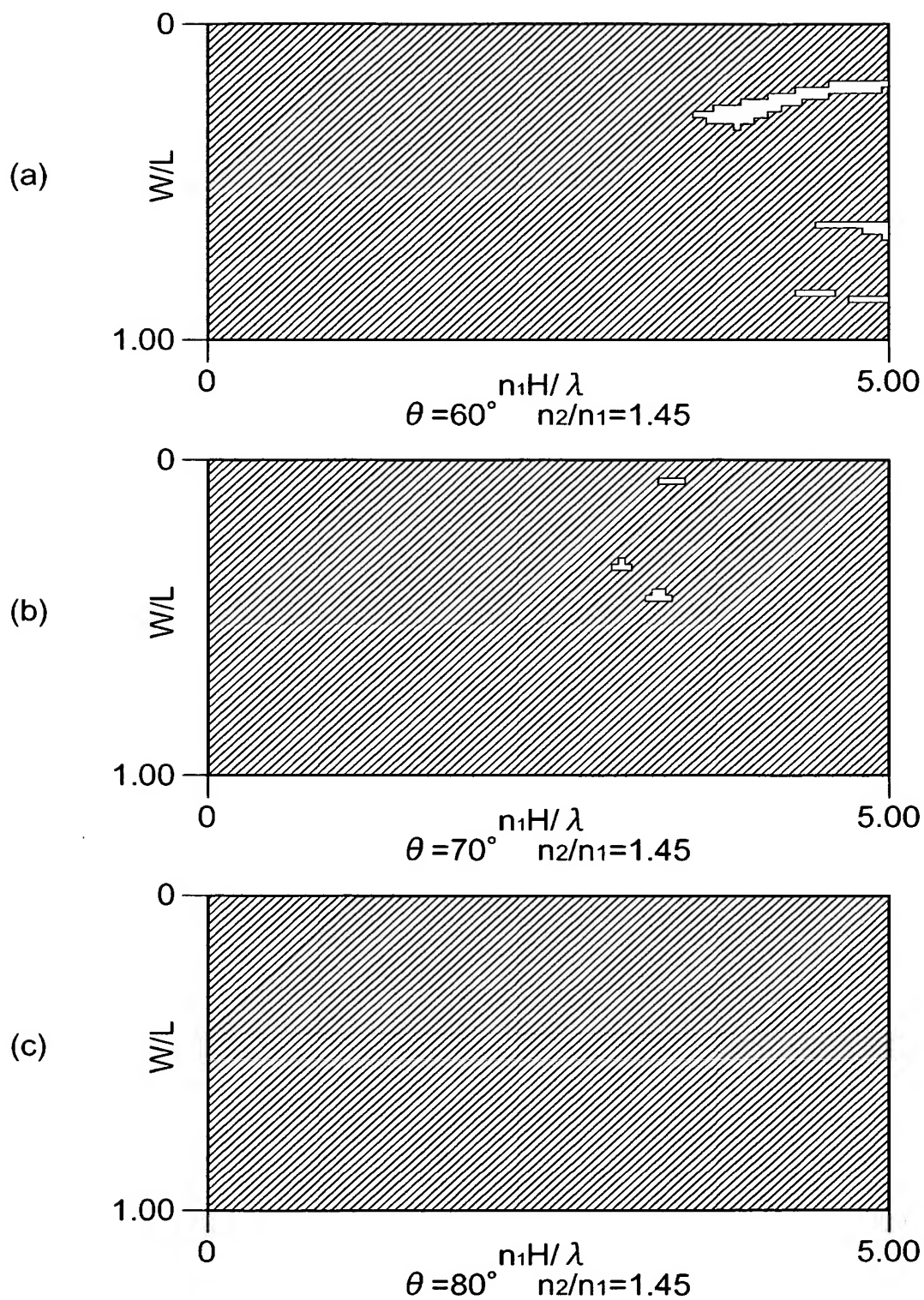
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
1	25	1.150	5.000	0.520	0.997	0.826
2	25	1.200	4.800	0.620	0.973	0.974
3	25	1.250	4.500	0.700	0.992	0.990
4	30	1.200	5.000	0.640	0.924	0.929
5	30	1.250	4.700	0.720	0.973	0.973
6	30	1.300	4.400	0.760	0.985	0.989
7	30	1.350	3.400	0.720	0.983	0.988
8	30	1.400	2.550	0.640	0.980	0.983
9	30	1.450	2.400	0.660	0.976	0.982
10	30	1.500	1.950	0.600	0.974	0.977
11	35	1.200	4.950	0.620	0.815	0.811
12	35	1.250	5.000	0.740	0.923	0.929
13	35	1.300	5.000	0.800	0.974	0.973
14	35	1.350	4.300	0.800	0.976	0.987
15	35	1.400	2.950	0.720	0.973	0.979
16	35	1.450	2.450	0.700	0.971	0.975
17	35	1.500	2.000	0.640	0.969	0.970
18	35	1.550	1.950	0.660	0.962	0.978
19	35	1.600	1.550	0.580	0.964	0.962
20	35	1.650	1.500	0.580	0.959	0.969
21	35	1.700	1.450	0.580	0.952	0.955
22	40	1.250	4.850	0.720	0.816	0.815
23	40	1.300	4.750	0.780	0.922	0.916
24	40	1.350	4.950	0.840	0.962	0.957
25	40	1.400	3.450	0.780	0.964	0.967
26	40	1.450	4.450	0.380	0.965	0.984
27	40	1.500	3.950	0.360	0.962	0.979
28	40	1.550	1.950	0.680	0.953	0.971
29	40	1.600	3.300	0.340	0.952	0.977
30	40	1.650	1.500	0.620	0.949	0.962
31	40	1.700	1.450	0.620	0.943	0.970
32	40	1.750	3.950	0.600	0.940	0.957
33	40	1.800	1.350	0.620	0.930	0.934
34	40	1.850	1.050	0.520	0.935	0.939
35	40	1.900	1.000	0.520	0.929	0.949
36	45	1.300	4.900	0.780	0.816	0.822
37	45	1.350	4.750	0.820	0.910	0.912
38	45	1.400	5.000	0.500	0.960	0.977
39	45	1.450	4.400	0.480	0.964	0.965
40	45	1.500	3.900	0.440	0.960	0.987
41	45	1.550	2.050	0.720	0.938	0.940
42	45	1.600	3.250	0.420	0.952	0.967
43	45	1.650	1.550	0.660	0.935	0.939

【図 8】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
44	45	1.700	2.750	0.360	0.937	0.937
45	45	1.750	4.850	0.480	0.940	0.942
46	45	1.800	4.100	0.300	0.919	0.927
47	45	1.850	1.050	0.560	0.922	0.922
48	45	1.900	1.050	0.560	0.912	0.945
49	45	1.950	1.000	0.560	0.910	0.954
50	45	2.000	4.650	0.360	0.905	0.951
51	45	2.050	2.600	0.520	0.901	0.912
52	45	2.100	0.900	0.540	0.889	0.924
53	50	1.350	4.900	0.820	0.829	0.825
54	50	1.400	5.000	0.560	0.940	0.983
55	50	1.450	4.450	0.540	0.958	0.996
56	50	1.500	3.900	0.500	0.953	0.986
57	50	1.550	3.400	0.460	0.945	0.920
58	50	1.600	3.250	0.480	0.943	0.978
59	50	1.650	4.800	0.380	0.922	0.941
60	50	1.700	2.750	0.420	0.930	0.970
61	50	1.750	2.600	0.440	0.926	0.925
62	50	1.800	4.700	0.520	0.921	0.910
63	50	1.850	1.100	0.580	0.896	0.898
64	50	1.900	2.150	0.360	0.902	0.913
65	50	1.950	2.050	0.380	0.903	0.952
66	50	2.000	3.650	0.460	0.900	0.886
67	50	2.050	0.950	0.580	0.874	0.960
68	50	2.100	4.150	0.540	0.877	0.905
69	50	2.150	3.150	0.420	0.886	0.886
70	50	2.200	3.000	0.420	0.857	0.873
71	50	2.250	3.600	0.500	0.853	0.920
72	55	1.400	5.000	0.620	0.854	0.866
73	55	1.450	4.950	0.620	0.935	0.997
74	55	1.500	4.350	0.600	0.938	0.970
75	55	1.550	3.800	0.560	0.933	0.984
76	55	1.600	3.300	0.520	0.930	0.990
77	55	1.650	3.150	0.520	0.923	0.942
78	55	1.700	2.750	0.460	0.920	0.947
79	55	1.750	2.600	0.480	0.906	0.959
80	55	1.800	3.900	0.120	0.888	0.977
81	55	1.850	3.600	0.380	0.893	0.903
82	55	1.900	2.100	0.400	0.889	0.920
83	55	1.950	2.050	0.420	0.884	0.950
84	55	2.000	3.700	0.480	0.875	0.881
85	55	2.050	3.550	0.480	0.868	0.918

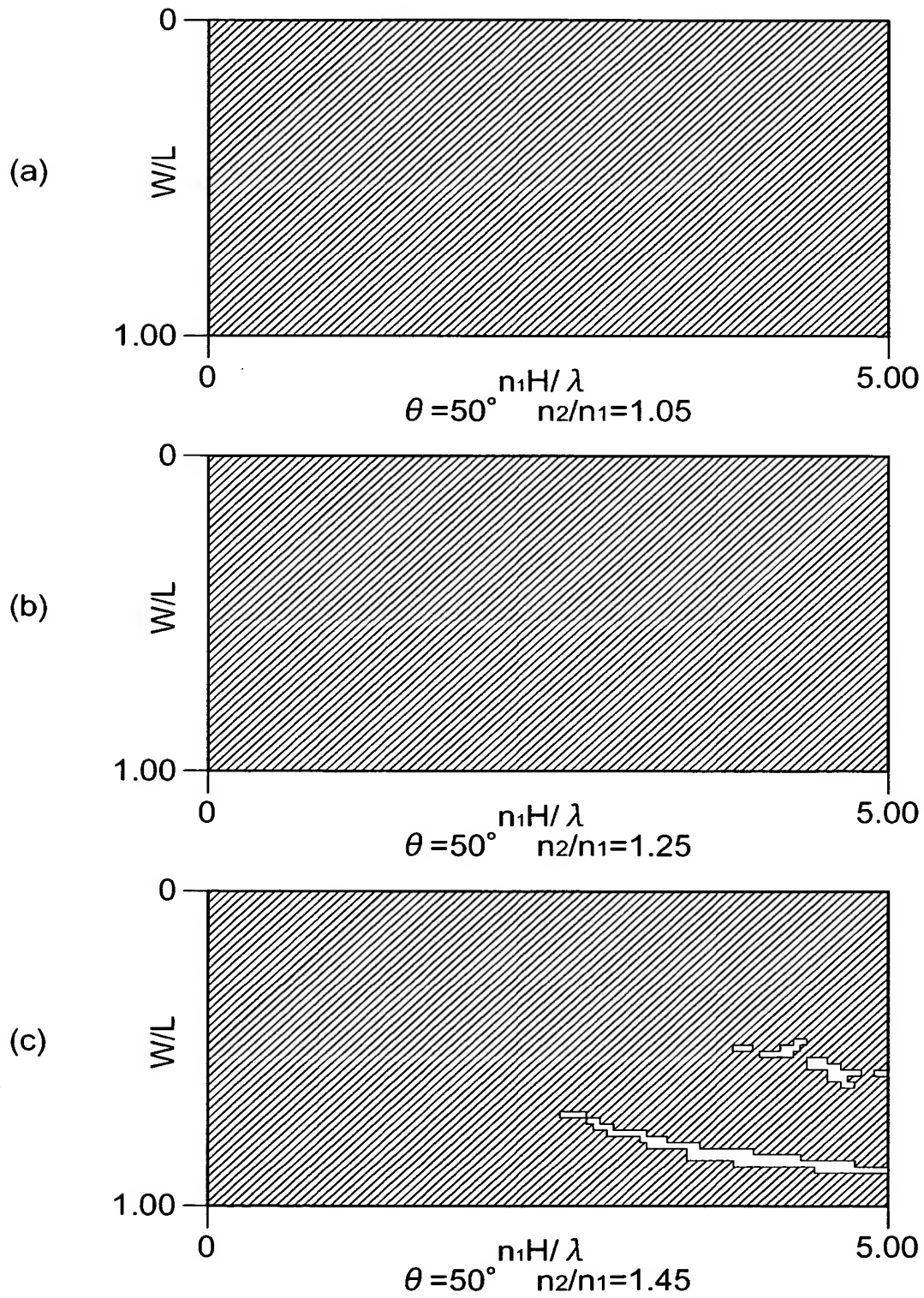
【図 9】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
86	55	2.100	2.850	0.340	0.867	0.885
87	55	2.150	4.700	0.480	0.863	0.896
88	55	2.200	3.050	0.440	0.852	0.929
89	55	2.250	1.500	0.340	0.843	0.892
90	55	2.300	1.450	0.340	0.837	0.894
91	55	2.350	1.450	0.340	0.839	0.899
92	55	2.400	2.550	0.400	0.845	0.922
93	55	2.450	2.500	0.400	0.839	0.872
94	60	1.300	5.000	0.340	0.909	0.918
95	60	1.350	5.000	0.280	0.916	0.995
96	60	1.400	4.250	0.280	0.932	0.954
97	60	1.450	4.350	0.220	0.924	0.982
98	60	1.500	4.450	0.180	0.912	0.930
99	60	1.550	3.850	0.600	0.909	0.988
100	60	1.600	3.650	0.600	0.902	0.927
101	60	1.650	3.200	0.560	0.897	0.983
102	60	1.700	2.750	0.500	0.902	0.916
103	60	1.750	2.650	0.500	0.893	0.993
104	60	1.800	2.550	0.500	0.880	0.925
105	60	1.850	3.600	0.420	0.879	0.889
106	60	1.900	2.100	0.440	0.876	0.949
107	60	1.950	2.050	0.440	0.875	0.973
108	60	2.000	2.000	0.440	0.864	0.907
109	60	2.050	2.900	0.380	0.829	0.851
110	60	2.100	3.500	0.500	0.832	0.866
111	60	2.150	4.100	0.420	0.847	0.971
112	60	2.200	4.000	0.420	0.827	0.833
113	60	2.250	1.500	0.360	0.833	0.856
114	60	2.300	1.500	0.360	0.822	0.926
115	60	2.350	1.450	0.360	0.825	0.894
116	60	2.400	4.200	0.360	0.826	0.846
117	60	2.450	2.500	0.420	0.812	0.932
118	65	1.150	5.000	0.200	0.823	0.811
119	65	1.200	4.950	0.140	0.828	0.825
120	65	1.250	5.000	0.100	0.867	0.807
121	65	1.300	4.650	0.380	0.936	0.936
122	65	1.350	4.200	0.420	0.920	0.923
123	65	1.400	3.800	0.300	0.904	0.909
124	65	1.450	3.400	0.360	0.905	0.919
125	65	1.500	4.500	0.660	0.876	0.872
126	65	1.550	3.900	0.620	0.876	0.884
127	65	1.600	3.750	0.620	0.859	0.986
128	65	1.650	4.150	0.340	0.870	0.905

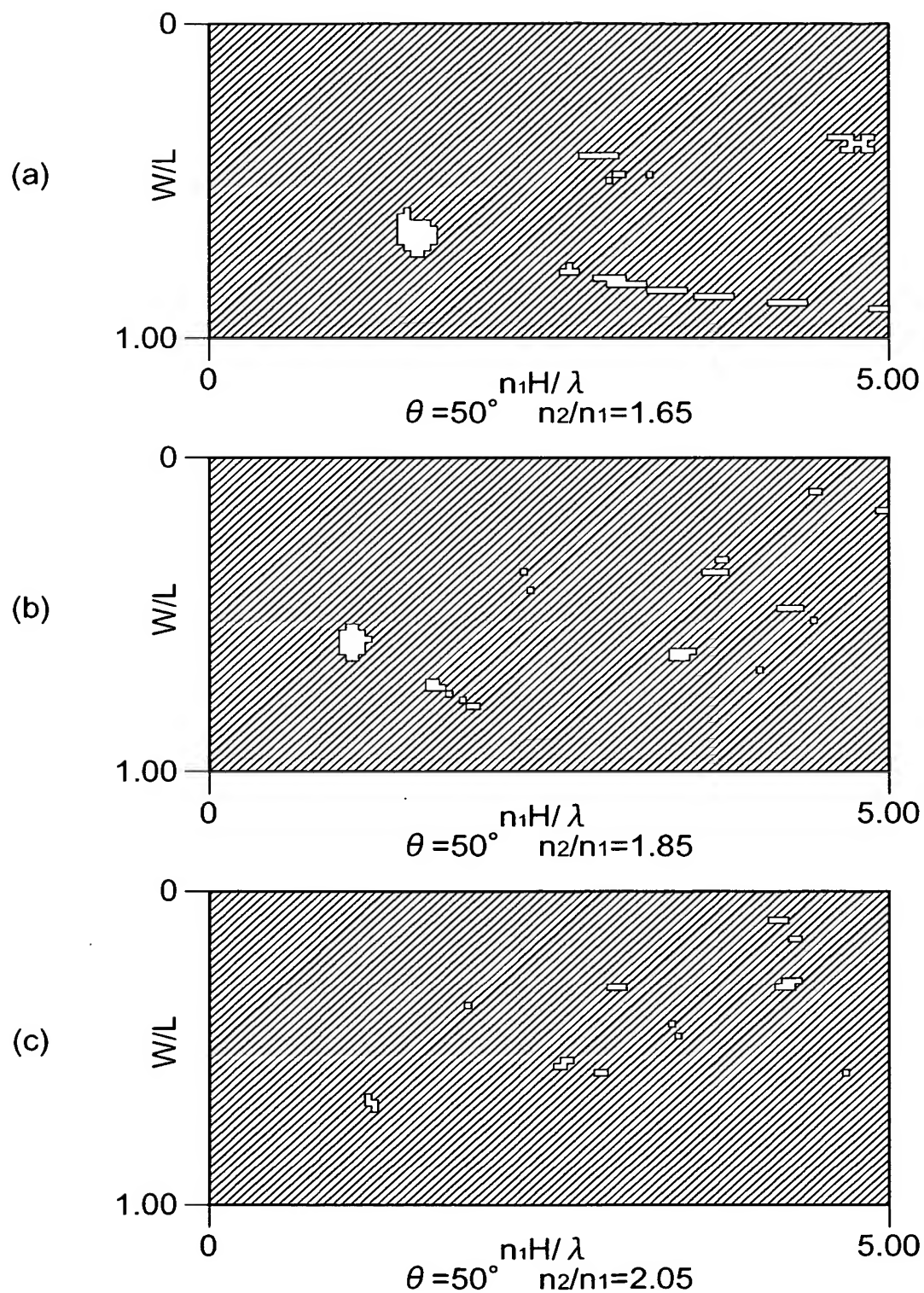
【図 1 0】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
129	65	1.700	3.100	0.580	0.853	0.925
130	65	1.750	2.650	0.540	0.840	0.986
131	65	1.800	4.900	0.320	0.846	0.909
132	65	1.850	5.000	0.440	0.859	0.898
133	65	1.900	2.150	0.460	0.842	0.893
134	65	1.950	4.450	0.400	0.833	0.938
135	65	2.000	2.000	0.460	0.829	0.918
136	65	2.050	2.900	0.400	0.828	0.825
137	65	2.100	2.800	0.400	0.812	0.857
138	65	2.150	4.100	0.440	0.816	0.922
139	65	2.200	4.000	0.440	0.803	0.888
140	65	2.250	1.500	0.380	0.805	0.832
141	65	2.400	4.200	0.380	0.800	0.839
142	70	1.100	4.900	0.260	0.894	0.896
143	70	1.150	4.700	0.160	0.889	0.888
144	70	1.200	5.000	0.100	0.898	0.878
145	70	1.250	4.900	0.080	0.875	0.882
146	70	1.300	4.500	0.500	0.918	0.937
147	70	1.350	3.750	0.420	0.890	0.905
148	70	1.400	3.500	0.440	0.897	0.927
149	70	1.450	3.350	0.440	0.853	0.861
150	70	1.500	5.000	0.440	0.864	0.924
151	70	1.550	2.700	0.340	0.856	0.954
152	70	1.600	4.250	0.400	0.848	0.910
153	70	1.650	3.250	0.600	0.803	0.904
154	70	1.700	4.350	0.520	0.811	0.824
155	70	1.750	3.500	0.340	0.806	0.872
156	70	1.800	3.350	0.340	0.818	0.811
157	75	1.050	5.000	0.420	0.957	0.847
158	75	1.100	4.750	0.180	0.927	0.922
159	75	1.150	4.500	0.120	0.896	0.897
160	75	1.200	4.650	0.080	0.874	0.884
161	75	1.250	2.800	0.120	0.861	0.853
162	75	1.300	4.550	0.560	0.862	0.876
163	75	1.350	4.200	0.560	0.851	0.853
164	75	1.400	3.500	0.500	0.845	0.874
165	75	1.450	2.900	0.400	0.820	0.816
166	75	1.500	2.800	0.400	0.831	0.856
167	75	1.550	2.650	0.400	0.812	0.888
168	80	1.050	5.000	0.580	0.931	0.925
169	80	1.100	4.200	0.140	0.888	0.888
170	80	1.150	4.400	0.080	0.838	0.863

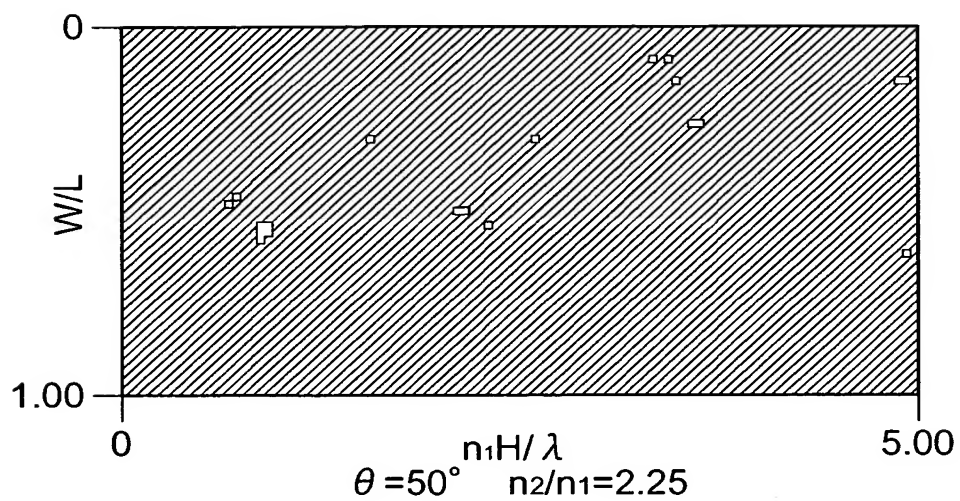
【図 11】



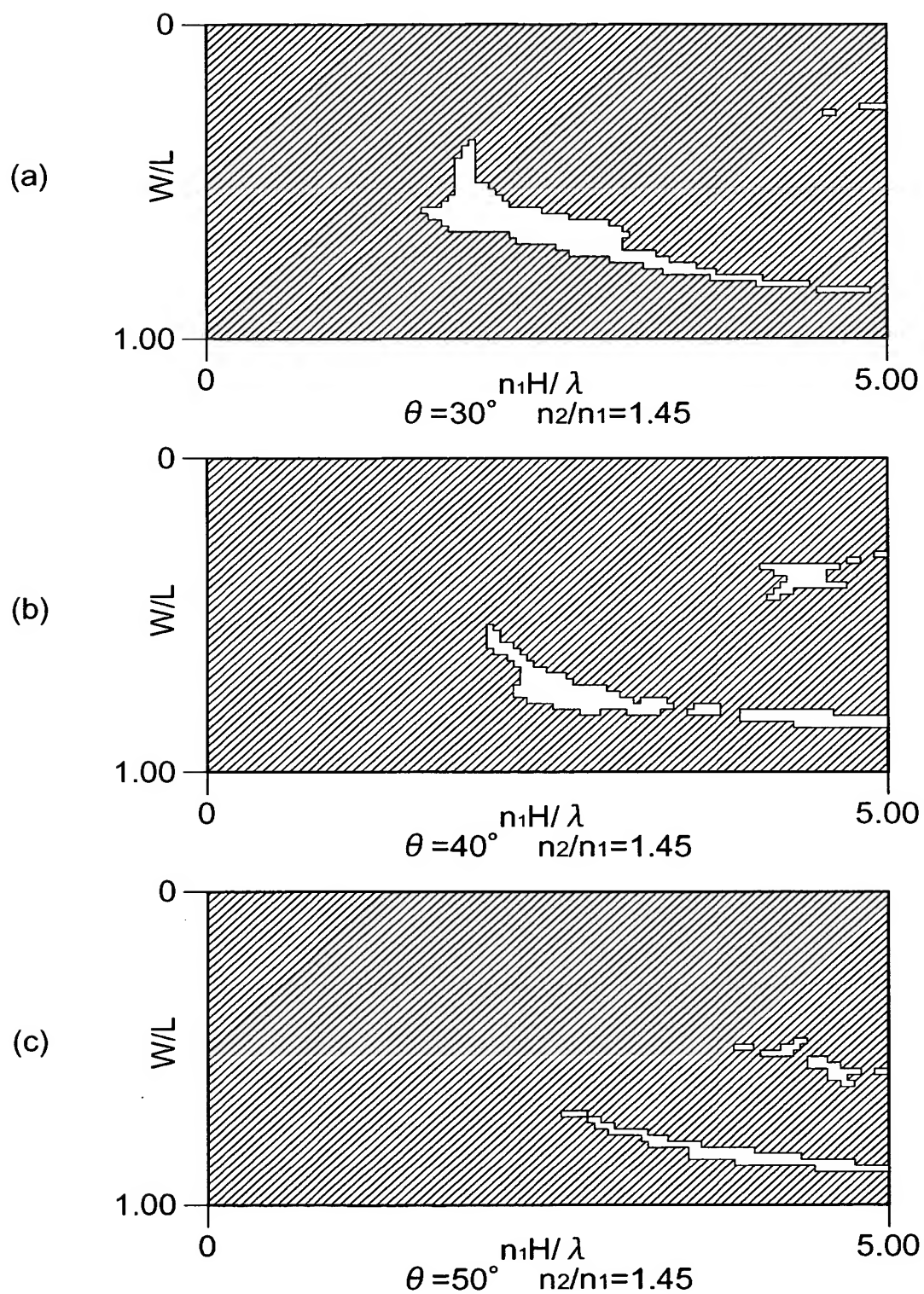
【図 12】



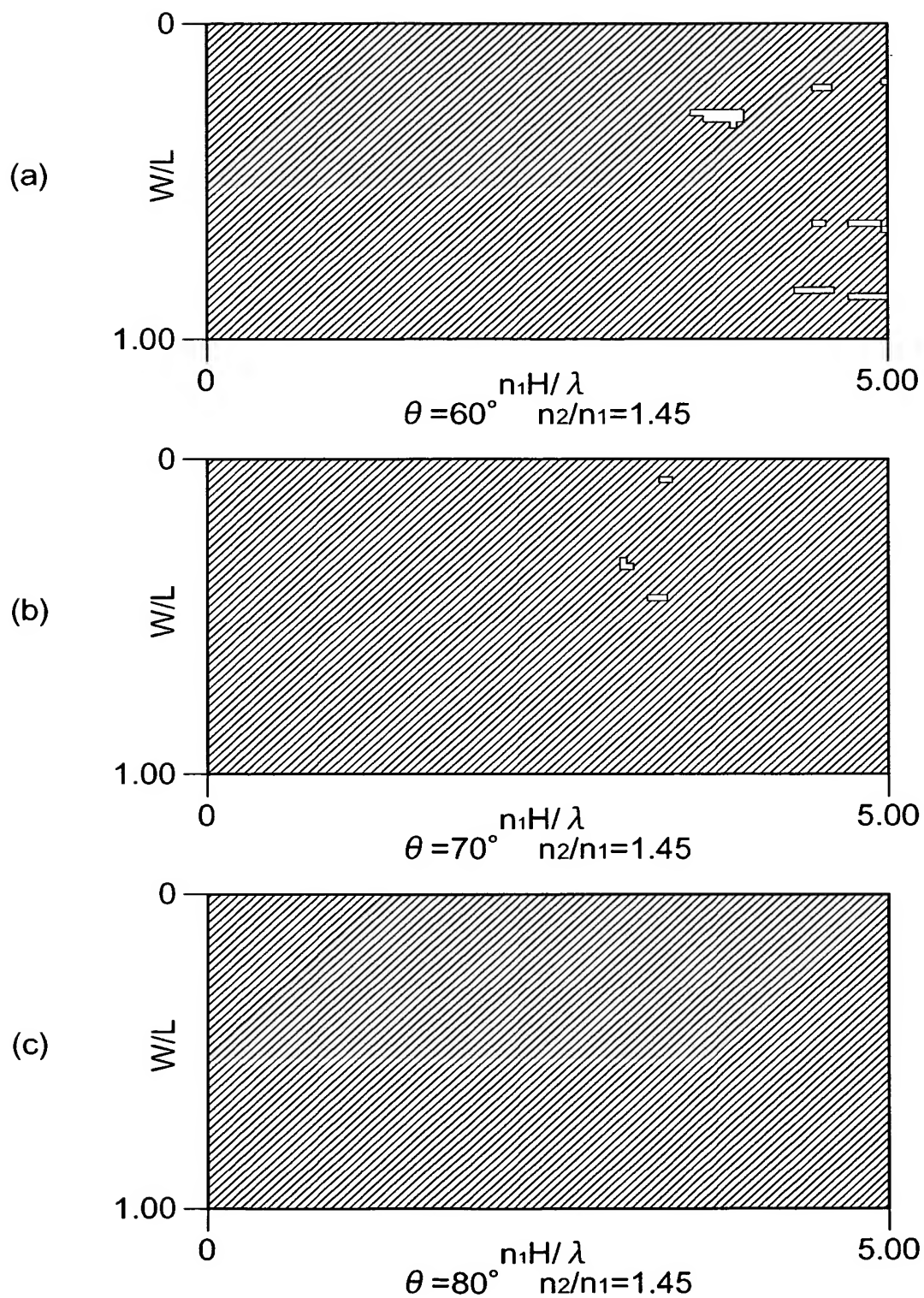
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【図 16】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
1	25	1.200	4.800	0.620	0.973	0.974
2	25	1.250	4.500	0.700	0.992	0.990
3	30	1.200	5.000	0.640	0.924	0.929
4	30	1.250	4.700	0.720	0.973	0.973
5	30	1.300	4.400	0.760	0.985	0.989
6	30	1.350	3.400	0.720	0.983	0.988
7	30	1.400	2.550	0.640	0.980	0.983
8	30	1.450	2.400	0.660	0.976	0.982
9	30	1.500	1.950	0.600	0.974	0.977
10	35	1.200	4.950	0.620	0.815	0.811
11	35	1.250	5.000	0.740	0.923	0.929
12	35	1.300	5.000	0.800	0.974	0.973
13	35	1.350	3.900	0.780	0.978	0.976
14	35	1.400	2.950	0.720	0.973	0.979
15	35	1.450	2.450	0.700	0.971	0.975
16	35	1.500	2.000	0.640	0.969	0.970
17	35	1.550	3.800	0.300	0.960	0.964
18	35	1.600	1.550	0.580	0.964	0.962
19	35	1.650	1.500	0.580	0.959	0.969
20	35	1.700	1.450	0.580	0.952	0.955
21	40	1.250	4.850	0.720	0.816	0.815
22	40	1.300	4.750	0.780	0.922	0.916
23	40	1.350	4.950	0.840	0.962	0.957
24	40	1.400	3.450	0.780	0.964	0.967
25	40	1.450	4.350	0.400	0.963	0.959
26	40	1.500	3.900	0.380	0.959	0.970
27	40	1.550	1.950	0.700	0.949	0.963
28	40	1.600	3.300	0.360	0.945	0.956
29	40	1.650	1.500	0.620	0.949	0.962
30	40	1.700	1.750	0.700	0.932	0.937
31	40	1.750	2.700	0.300	0.936	0.932
32	40	1.800	1.350	0.620	0.930	0.934
33	40	1.850	1.050	0.520	0.935	0.939
34	40	1.900	1.000	0.520	0.929	0.949
35	45	1.300	4.900	0.780	0.816	0.822
36	45	1.350	4.750	0.820	0.910	0.912
37	45	1.400	4.900	0.520	0.952	0.958
38	45	1.450	4.400	0.480	0.964	0.965
39	45	1.500	3.900	0.460	0.956	0.958
40	45	1.550	2.050	0.720	0.938	0.940
41	45	1.600	3.250	0.420	0.952	0.967
42	45	1.650	1.550	0.660	0.935	0.939
43	45	1.700	2.750	0.360	0.937	0.937

【図 17】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
44	45	1.750	4.850	0.480	0.940	0.942
45	45	1.800	4.100	0.300	0.919	0.927
46	45	1.850	1.050	0.560	0.922	0.922
47	45	1.900	3.350	0.600	0.909	0.911
48	45	1.950	3.000	0.560	0.909	0.928
49	45	2.000	2.900	0.560	0.902	0.896
50	45	2.050	2.600	0.520	0.901	0.912
51	45	2.100	2.500	0.520	0.888	0.906
52	50	1.350	4.900	0.820	0.829	0.825
53	50	1.400	5.000	0.860	0.918	0.917
54	50	1.450	3.850	0.840	0.926	0.935
55	50	1.500	2.900	0.800	0.922	0.941
56	50	1.550	3.350	0.460	0.925	0.920
57	50	1.600	1.950	0.740	0.915	0.938
58	50	1.650	4.800	0.380	0.922	0.941
59	50	1.700	2.750	0.400	0.918	0.899
60	50	1.750	2.600	0.440	0.926	0.925
61	50	1.800	4.700	0.520	0.921	0.910
62	50	1.850	1.100	0.580	0.896	0.898
63	50	1.900	2.150	0.360	0.902	0.913
64	50	1.950	3.800	0.460	0.888	0.902
65	50	2.000	3.650	0.460	0.900	0.886
66	50	2.050	4.300	0.280	0.870	0.883
67	50	2.100	4.150	0.540	0.877	0.905
68	50	2.150	3.150	0.420	0.886	0.886
69	50	2.200	3.000	0.420	0.857	0.873
70	50	2.250	4.950	0.140	0.845	0.871
71	55	1.400	5.000	0.620	0.854	0.866
72	55	1.450	4.550	0.580	0.941	0.922
73	55	1.500	3.950	0.560	0.936	0.950
74	55	1.550	3.400	0.520	0.910	0.891
75	55	1.600	5.000	0.440	0.929	0.928
76	55	1.650	3.150	0.520	0.923	0.942
77	55	1.700	2.750	0.460	0.920	0.947
78	55	1.750	4.550	0.220	0.880	0.878
79	55	1.800	4.750	0.540	0.877	0.872
80	55	1.850	3.600	0.380	0.893	0.903
81	55	1.900	4.200	0.520	0.882	0.901
82	55	1.950	4.000	0.520	0.865	0.863
83	55	2.000	3.700	0.480	0.875	0.881
84	55	2.050	3.600	0.480	0.865	0.866
85	55	2.100	2.850	0.340	0.867	0.885

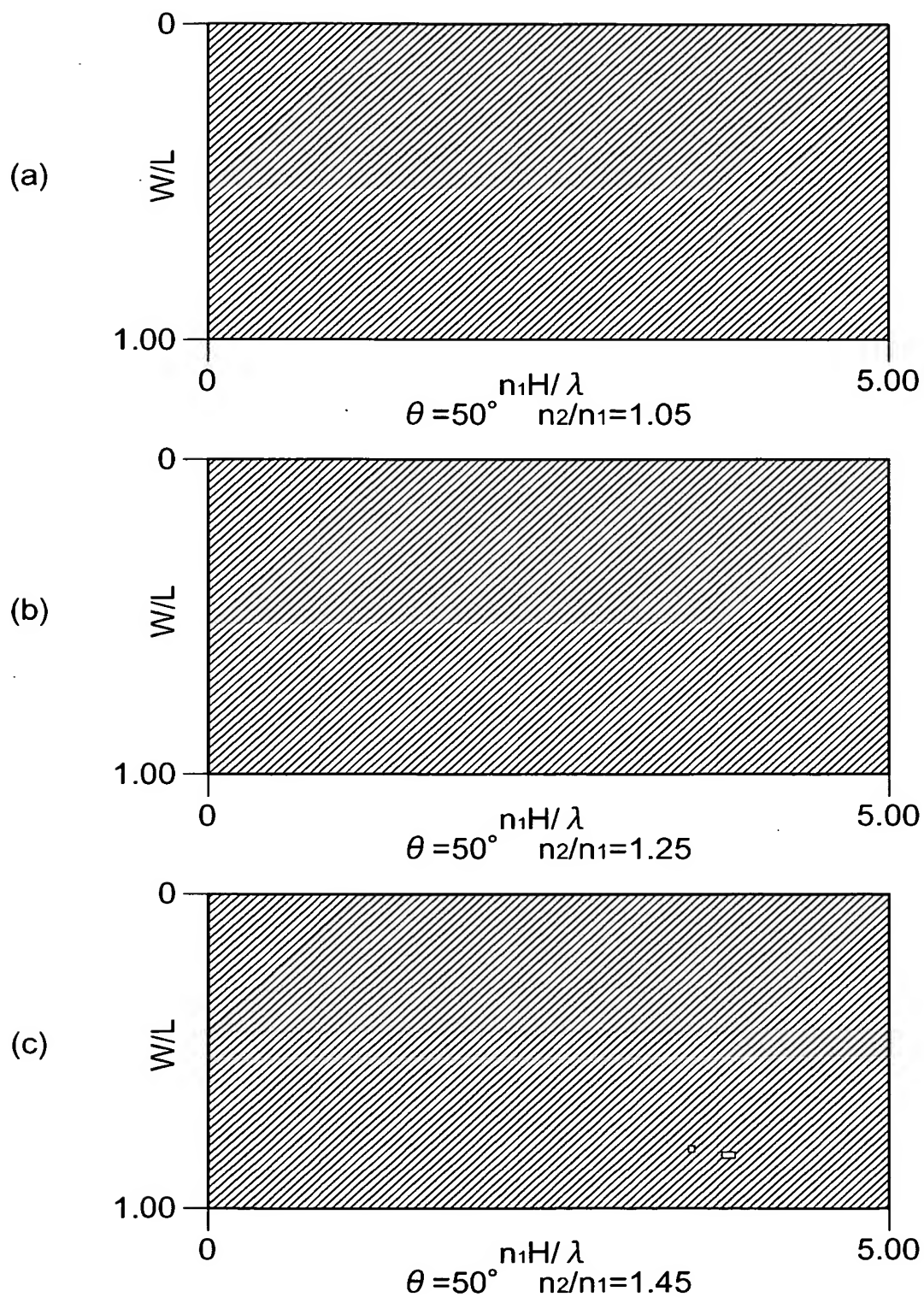
【図 18】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
86	55	2.150	4.700	0.480	0.863	0.896
87	55	2.200	4.900	0.360	0.845	0.856
88	55	2.250	2.950	0.440	0.838	0.835
89	55	2.300	3.600	0.360	0.826	0.848
90	55	2.350	4.300	0.340	0.828	0.859
91	55	2.400	1.400	0.340	0.841	0.837
92	55	2.450	2.500	0.400	0.839	0.872
93	60	1.300	5.000	0.340	0.909	0.918
94	60	1.350	4.700	0.340	0.883	0.885
95	60	1.400	4.200	0.300	0.931	0.917
96	60	1.450	3.900	0.300	0.875	0.869
97	60	1.500	4.450	0.180	0.912	0.930
98	60	1.550	4.400	0.160	0.906	0.902
99	60	1.600	3.650	0.600	0.902	0.927
100	60	1.650	4.800	0.500	0.895	0.886
101	60	1.700	2.750	0.500	0.902	0.916
102	60	1.750	4.100	0.460	0.884	0.865
103	60	1.800	3.700	0.420	0.855	0.858
104	60	1.850	3.600	0.420	0.879	0.889
105	60	1.900	4.250	0.540	0.851	0.850
106	60	1.950	3.450	0.100	0.841	0.860
107	60	2.000	1.950	0.440	0.852	0.886
108	60	2.050	2.900	0.380	0.829	0.851
109	60	2.100	3.500	0.500	0.832	0.866
110	60	2.150	4.750	0.500	0.833	0.860
111	60	2.200	4.000	0.420	0.827	0.833
112	60	2.250	1.500	0.360	0.833	0.856
113	60	2.300	1.450	0.360	0.820	0.868
114	60	2.350	4.300	0.360	0.825	0.824
115	60	2.400	4.200	0.360	0.826	0.846
116	65	1.150	5.000	0.200	0.823	0.811
117	65	1.200	4.950	0.140	0.828	0.825
118	65	1.250	4.350	0.120	0.806	0.808
119	65	1.300	4.650	0.380	0.936	0.936
120	65	1.350	4.200	0.420	0.920	0.923
121	65	1.400	3.800	0.300	0.904	0.909
122	65	1.450	3.400	0.360	0.905	0.919
123	65	1.500	4.500	0.660	0.876	0.872
124	65	1.550	3.900	0.620	0.876	0.884
125	65	1.600	4.400	0.320	0.860	0.852
126	65	1.650	4.150	0.340	0.870	0.905
127	65	1.700	2.450	0.280	0.846	0.880
128	65	1.750	2.750	0.180	0.833	0.869

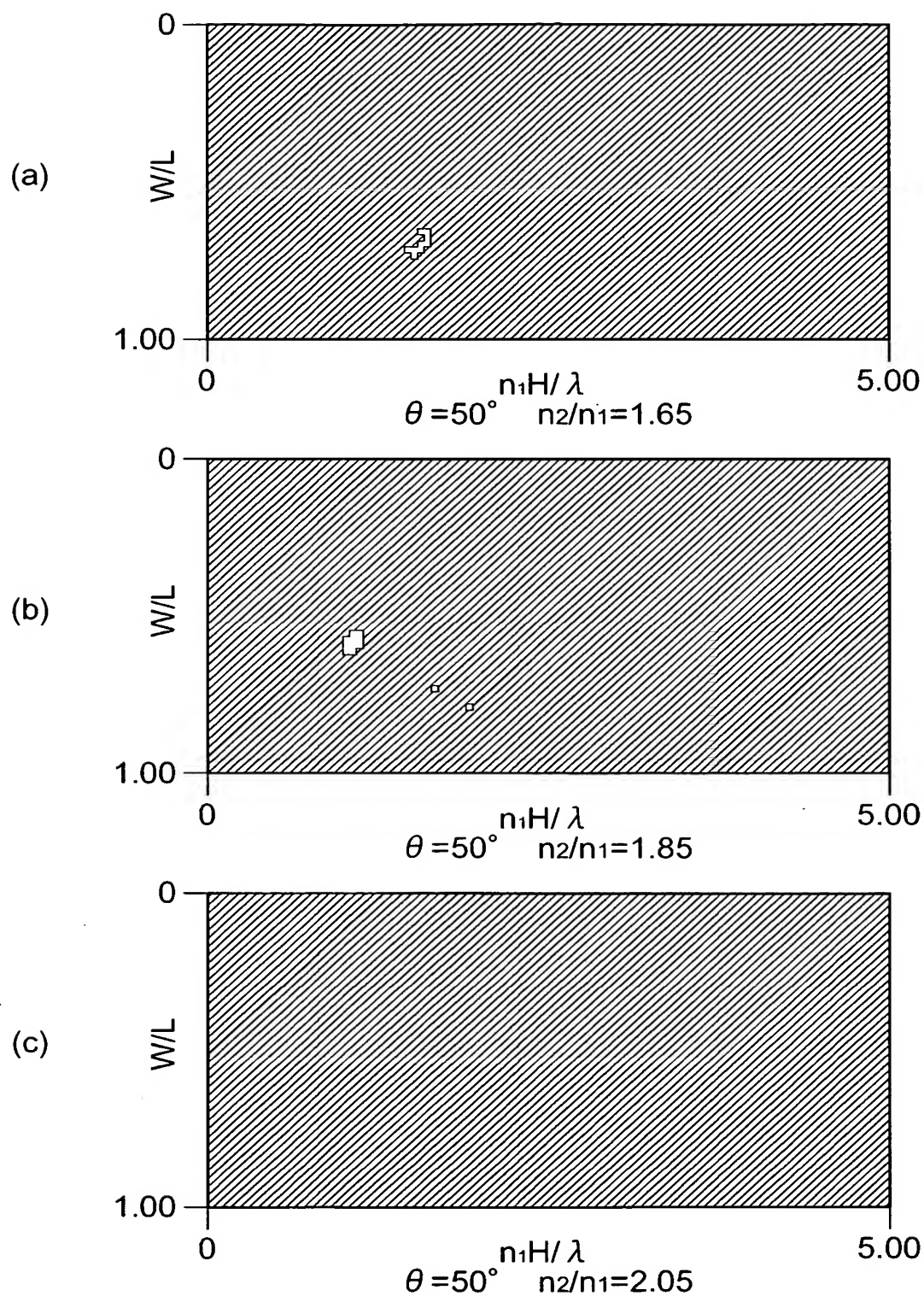
【図 19】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
129	65	1.800	2.750	0.160	0.808	0.826
130	65	1.850	5.000	0.440	0.859	0.898
131	65	1.900	3.250	0.280	0.811	0.846
132	65	2.050	2.900	0.400	0.828	0.825
133	65	2.100	2.800	0.400	0.812	0.857
134	65	2.250	1.500	0.380	0.805	0.832
135	65	2.400	4.200	0.380	0.800	0.839
136	70	1.100	4.900	0.260	0.894	0.896
137	70	1.150	4.700	0.160	0.889	0.888
138	70	1.200	5.000	0.100	0.898	0.878
139	70	1.250	4.900	0.080	0.875	0.882
140	70	1.300	4.500	0.500	0.918	0.937
141	70	1.350	3.750	0.420	0.890	0.905
142	70	1.400	3.500	0.440	0.897	0.927
143	70	1.450	3.350	0.440	0.853	0.861
144	70	1.500	2.900	0.320	0.859	0.857
145	70	1.550	2.800	0.300	0.824	0.852
146	70	1.600	2.550	0.360	0.847	0.874
147	70	1.700	4.350	0.520	0.811	0.824
148	70	1.750	4.150	0.520	0.801	0.839
149	70	1.800	3.350	0.340	0.818	0.811
150	75	1.100	4.750	0.180	0.927	0.922
151	75	1.150	4.500	0.120	0.896	0.897
152	75	1.200	4.650	0.080	0.874	0.884
153	75	1.250	2.800	0.120	0.861	0.853
154	75	1.300	4.550	0.560	0.862	0.876
155	75	1.350	4.200	0.560	0.851	0.853
156	75	1.400	3.500	0.500	0.845	0.874
157	75	1.450	2.900	0.400	0.820	0.816
158	75	1.500	2.800	0.400	0.831	0.856
159	75	1.550	2.600	0.420	0.811	0.831
160	80	1.050	5.000	0.580	0.931	0.925
161	80	1.100	4.200	0.140	0.888	0.888
162	80	1.150	4.400	0.080	0.838	0.863

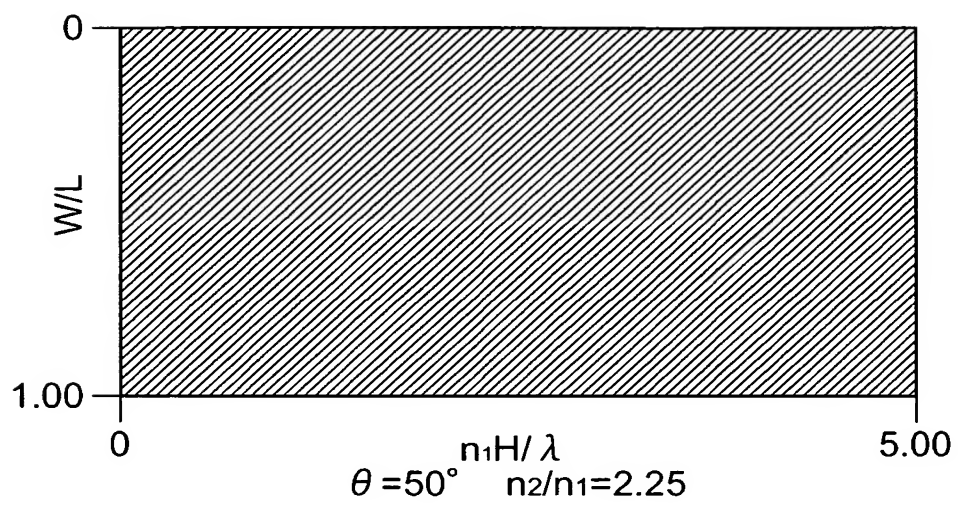
【図 20】



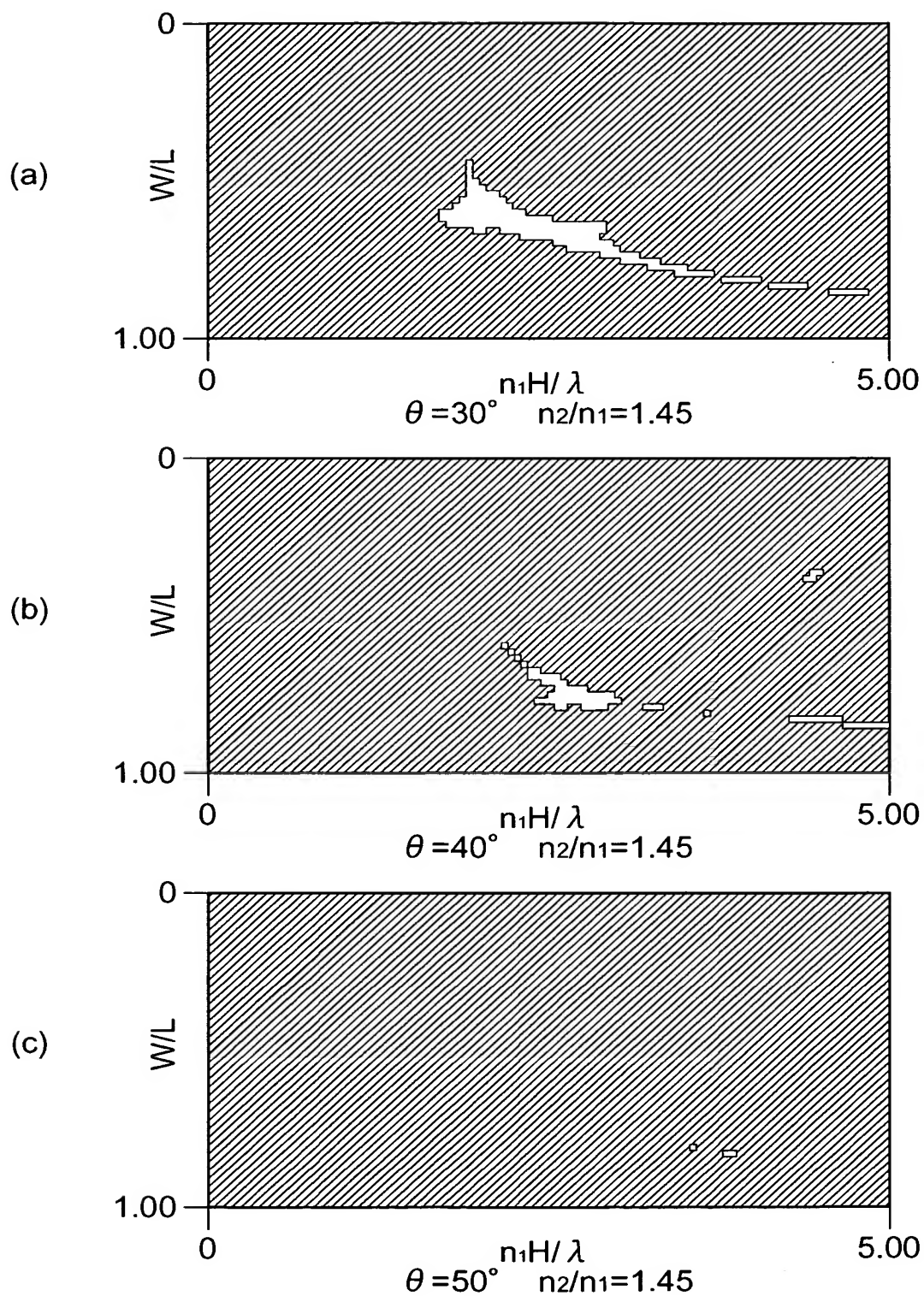
【図 21】



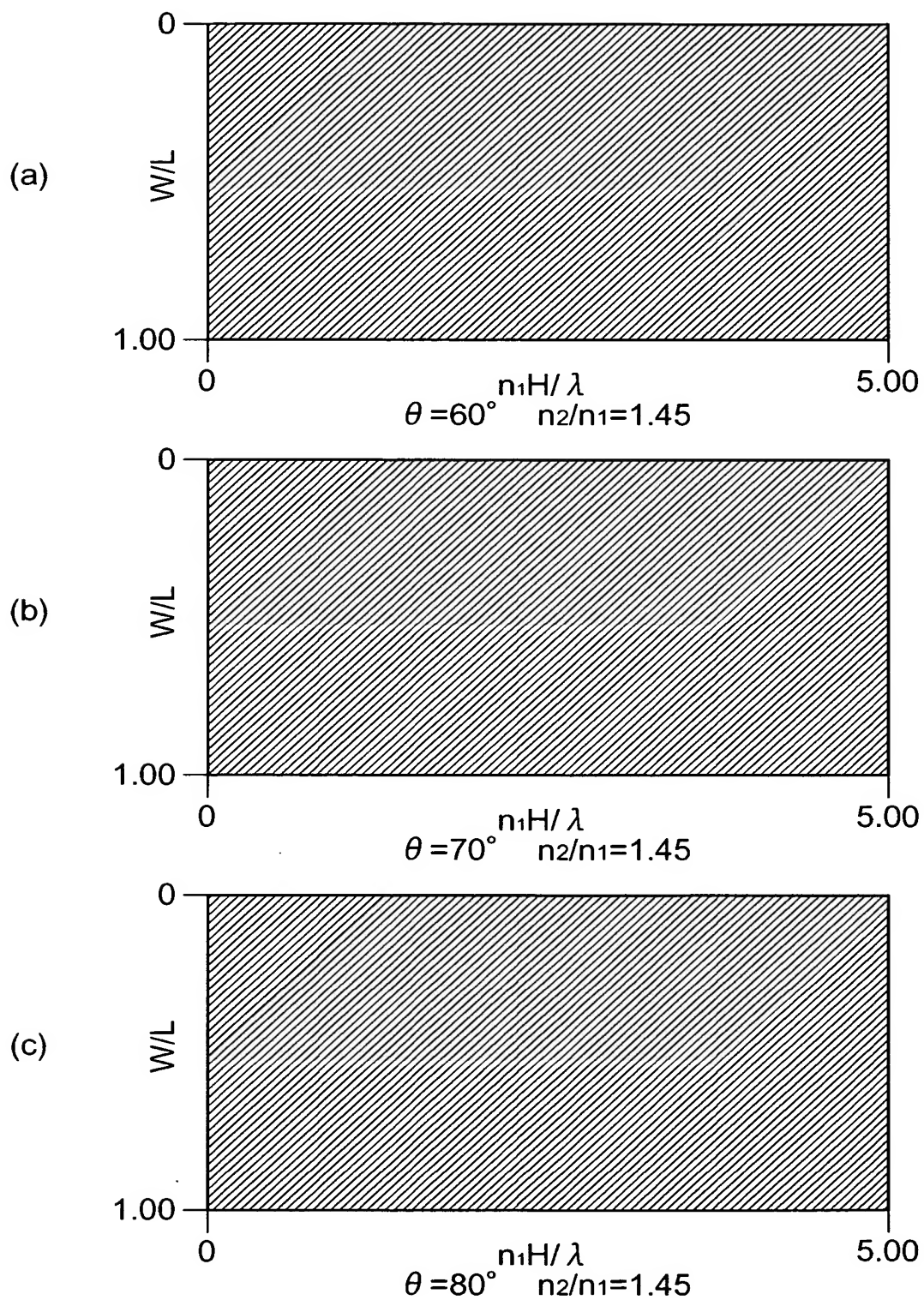
【図 22】



【図 23】



【図 24】



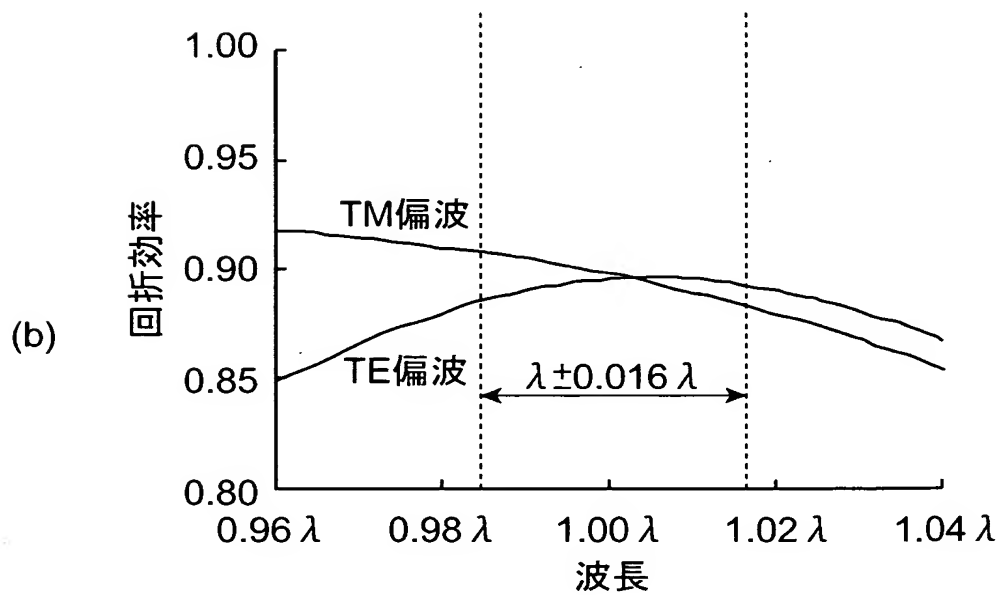
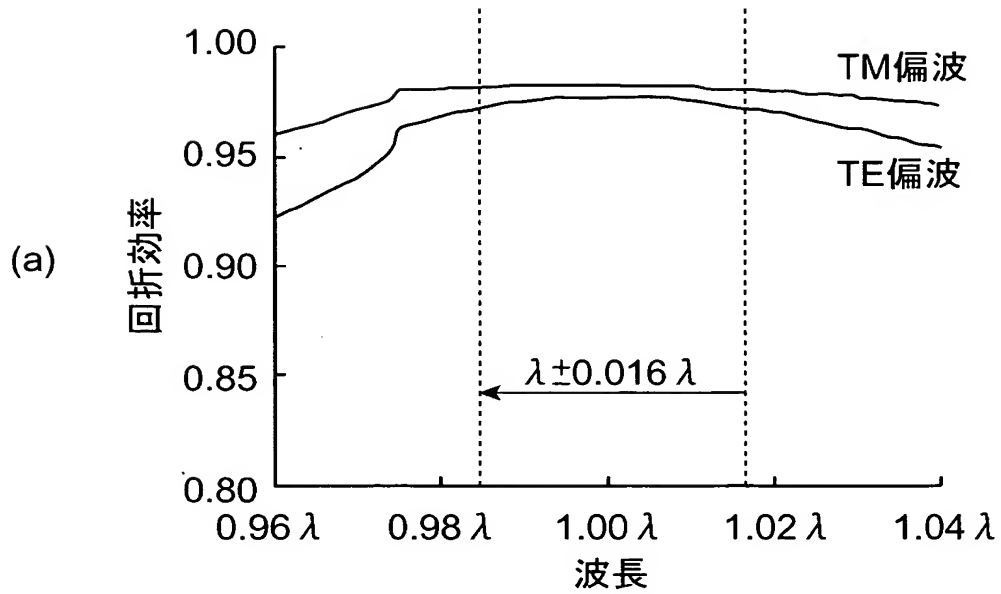
【図 25】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{\min}	η_{\max}
1	25	1.200	4.950	0.640	0.965	0.981
2	25	1.250	4.650	0.740	0.962	0.973
3	30	1.200	5.000	0.640	0.904	0.941
4	30	1.250	4.700	0.720	0.957	0.977
5	30	1.300	4.600	0.780	0.973	0.985
6	30	1.350	4.600	0.800	0.969	0.980
7	30	1.400	4.000	0.800	0.962	0.972
8	30	1.450	2.400	0.660	0.971	0.982
9	30	1.500	4.350	0.860	0.896	0.922
10	35	1.250	5.000	0.740	0.898	0.939
11	35	1.300	5.000	0.800	0.953	0.976
12	35	1.350	4.100	0.800	0.955	0.973
13	35	1.400	2.950	0.720	0.964	0.982
14	35	1.450	2.450	0.700	0.964	0.979
15	35	1.500	2.000	0.640	0.961	0.974
16	35	1.550	2.250	0.700	0.941	0.961
17	35	1.600	1.550	0.580	0.955	0.967
18	35	1.650	1.500	0.580	0.951	0.969
19	35	1.700	2.150	0.760	0.863	0.891
20	40	1.300	4.750	0.780	0.881	0.926
21	40	1.350	5.000	0.840	0.935	0.965
22	40	1.400	3.450	0.780	0.949	0.972
23	40	1.450	2.850	0.780	0.936	0.961
24	40	1.500	2.100	0.660	0.937	0.960
25	40	1.550	1.950	0.700	0.943	0.968
26	40	1.600	1.600	0.600	0.931	0.951
27	40	1.650	1.500	0.620	0.940	0.965
28	40	1.700	1.750	0.700	0.925	0.948
29	40	1.750	1.650	0.700	0.898	0.928
30	40	1.800	1.050	0.560	0.905	0.926
31	40	1.850	1.050	0.520	0.929	0.944
32	40	1.900	1.200	0.600	0.856	0.901
33	45	1.400	4.350	0.840	0.916	0.954
34	45	1.450	3.350	0.820	0.919	0.951
35	45	1.500	2.500	0.760	0.926	0.954
36	45	1.550	2.000	0.700	0.923	0.952
37	45	1.600	1.650	0.620	0.884	0.921
38	45	1.650	1.550	0.660	0.924	0.947
39	45	1.700	2.550	0.820	0.839	0.880
40	45	1.750	1.150	0.620	0.853	0.890
41	45	1.800	1.150	0.560	0.891	0.920
42	45	1.850	1.050	0.560	0.912	0.929
43	45	1.900	1.300	0.660	0.879	0.913

【図 2 6】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{\min}	η_{\max}
44	45	1.950	1.250	0.660	0.846	0.885
45	45	2.000	1.150	0.640	0.825	0.867
46	45	2.050	1.100	0.640	0.805	0.849
47	50	1.450	3.850	0.840	0.899	0.942
48	50	1.500	2.900	0.820	0.876	0.918
49	50	1.550	2.100	0.720	0.873	0.916
50	50	1.600	1.950	0.760	0.886	0.930
51	50	1.650	1.600	0.660	0.886	0.919
52	50	1.700	1.500	0.680	0.900	0.949
53	50	1.750	2.100	0.780	0.852	0.901
54	50	1.800	1.100	0.640	0.839	0.875
55	50	1.850	1.100	0.580	0.884	0.908
56	50	1.900	1.550	0.740	0.818	0.862
57	50	1.950	1.300	0.660	0.833	0.880
58	50	2.000	1.250	0.680	0.819	0.859
59	55	1.500	3.350	0.840	0.864	0.914
60	55	1.600	2.000	0.760	0.852	0.897
61	55	1.700	1.500	0.720	0.862	0.899
62	55	1.850	1.100	0.620	0.841	0.877

【図 27】



【図 28】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
1	25	1.200	4.800	0.620	0.973	0.974
2	25	1.250	4.500	0.700	0.992	0.990
3	30	1.200	5.000	0.640	0.924	0.929
4	30	1.250	4.700	0.720	0.973	0.973
5	30	1.300	4.400	0.760	0.985	0.989
6	30	1.350	3.400	0.720	0.983	0.988
7	30	1.400	2.550	0.640	0.980	0.983
8	30	1.450	2.400	0.660	0.976	0.982
9	30	1.500	1.950	0.600	0.974	0.977
10	35	1.250	5.000	0.740	0.923	0.929
11	35	1.300	5.000	0.800	0.974	0.973
12	35	1.350	4.300	0.800	0.976	0.987
13	35	1.400	2.950	0.720	0.973	0.979
14	35	1.450	2.450	0.700	0.971	0.975
15	35	1.500	2.000	0.640	0.969	0.970
16	35	1.550	1.950	0.660	0.962	0.978
17	35	1.600	1.550	0.580	0.964	0.962
18	35	1.650	1.500	0.580	0.959	0.969
19	35	1.700	1.450	0.580	0.952	0.955
20	40	1.300	4.750	0.780	0.922	0.916
21	40	1.350	4.950	0.840	0.962	0.957
22	40	1.400	3.450	0.780	0.964	0.967
23	40	1.450	4.450	0.380	0.965	0.984
24	40	1.500	3.950	0.360	0.962	0.979
25	40	1.550	1.950	0.680	0.953	0.971
26	40	1.600	3.300	0.340	0.952	0.977
27	40	1.650	1.500	0.620	0.949	0.962
28	40	1.700	1.450	0.620	0.943	0.970
29	40	1.750	3.950	0.600	0.940	0.957
30	40	1.800	1.350	0.620	0.930	0.934
31	40	1.850	1.050	0.520	0.935	0.939
32	40	1.900	1.000	0.520	0.929	0.949
33	45	1.350	4.750	0.820	0.910	0.912
34	45	1.400	5.000	0.500	0.960	0.977
35	45	1.450	4.400	0.480	0.964	0.965
36	45	1.500	3.900	0.440	0.960	0.987
37	45	1.550	2.050	0.720	0.938	0.940
38	45	1.600	3.250	0.420	0.952	0.967
39	45	1.650	1.550	0.660	0.935	0.939
40	45	1.700	2.750	0.360	0.937	0.937
41	45	1.750	4.850	0.480	0.940	0.942

【図 2 9】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
42	45	1.800	4.100	0.300	0.919	0.927
43	45	1.850	1.050	0.560	0.922	0.922
44	45	1.900	1.050	0.560	0.912	0.945
45	45	1.950	1.000	0.560	0.910	0.954
46	45	2.000	4.650	0.360	0.905	0.951
47	45	2.050	2.600	0.520	0.901	0.912
48	45	2.100	0.900	0.540	0.889	0.924
49	50	1.400	5.000	0.560	0.940	0.983
50	50	1.450	4.450	0.540	0.958	0.996
51	50	1.500	3.900	0.500	0.953	0.986
52	50	1.550	3.400	0.460	0.945	0.920
53	50	1.600	3.250	0.480	0.943	0.978
54	50	1.650	4.800	0.380	0.922	0.941
55	50	1.700	2.750	0.420	0.930	0.970
56	50	1.750	2.600	0.440	0.926	0.925
57	50	1.800	4.700	0.520	0.921	0.910
58	50	1.850	1.100	0.580	0.896	0.898
59	50	1.900	2.150	0.360	0.902	0.913
60	50	1.950	2.050	0.380	0.903	0.952
61	50	2.000	3.650	0.460	0.900	0.886
62	50	2.050	0.950	0.580	0.874	0.960
63	50	2.100	4.150	0.540	0.877	0.905
64	50	2.150	3.150	0.420	0.886	0.886
65	50	2.200	3.000	0.420	0.857	0.873
66	50	2.250	3.600	0.500	0.853	0.920
67	55	1.400	5.000	0.620	0.854	0.866
68	55	1.450	4.950	0.620	0.935	0.997
69	55	1.500	4.350	0.600	0.938	0.970
70	55	1.550	3.800	0.560	0.933	0.984
71	55	1.600	3.300	0.520	0.930	0.990
72	55	1.650	3.150	0.520	0.923	0.942
73	55	1.700	2.750	0.460	0.920	0.947
74	55	1.750	2.600	0.480	0.906	0.959
75	55	1.800	3.900	0.120	0.888	0.977
76	55	1.850	3.600	0.380	0.893	0.903
77	55	1.900	2.100	0.400	0.889	0.920
78	55	1.950	2.050	0.420	0.884	0.950
79	55	2.000	3.700	0.480	0.875	0.881
80	55	2.050	3.550	0.480	0.868	0.918
81	55	2.100	2.850	0.340	0.867	0.885
82	55	2.150	4.700	0.480	0.863	0.896
83	55	2.200	3.050	0.440	0.852	0.929
84	60	1.300	5.000	0.340	0.909	0.918
85	60	1.350	5.000	0.280	0.916	0.995

【図 30】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
86	60	1.400	4.250	0.280	0.932	0.954
87	60	1.450	4.350	0.220	0.924	0.982
88	60	1.500	4.450	0.180	0.912	0.930
89	60	1.550	3.850	0.600	0.909	0.988
90	60	1.600	3.650	0.600	0.902	0.927
91	60	1.650	3.200	0.560	0.897	0.983
92	60	1.700	2.750	0.500	0.902	0.916
93	60	1.750	2.650	0.500	0.893	0.993
94	60	1.800	2.550	0.500	0.880	0.925
95	60	1.850	3.600	0.420	0.879	0.889
96	60	1.900	2.100	0.440	0.876	0.949
97	60	1.950	2.050	0.440	0.875	0.973
98	60	2.000	2.000	0.440	0.864	0.907
99	65	1.300	4.650	0.380	0.936	0.936
100	65	1.350	4.200	0.420	0.920	0.923
101	65	1.400	3.800	0.300	0.904	0.909
102	65	1.450	3.400	0.360	0.905	0.919
103	65	1.500	4.500	0.660	0.876	0.872
104	65	1.550	3.900	0.620	0.876	0.884
105	65	1.600	3.750	0.620	0.859	0.986
106	65	1.650	4.150	0.340	0.870	0.905
107	65	1.700	3.100	0.580	0.853	0.925
108	65	1.850	5.000	0.440	0.859	0.898
109	70	1.100	4.900	0.260	0.894	0.896
110	70	1.150	4.700	0.160	0.889	0.888
111	70	1.200	5.000	0.100	0.898	0.878
112	70	1.250	4.900	0.080	0.875	0.882
113	70	1.300	4.500	0.500	0.918	0.937
114	70	1.350	3.750	0.420	0.890	0.905
115	70	1.400	3.500	0.440	0.897	0.927
116	70	1.450	3.350	0.440	0.853	0.861
117	70	1.500	5.000	0.440	0.864	0.924
118	70	1.550	2.700	0.340	0.856	0.954
119	75	1.100	4.750	0.180	0.927	0.922
120	75	1.150	4.500	0.120	0.896	0.897
121	75	1.200	4.650	0.080	0.874	0.884
122	75	1.250	2.800	0.120	0.861	0.853
123	75	1.300	4.550	0.560	0.862	0.876
124	75	1.350	4.200	0.560	0.851	0.853
125	80	1.050	5.000	0.580	0.931	0.925
126	80	1.100	4.200	0.140	0.888	0.888

【図 31】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
1	25	1.200	4.800	0.620	0.973	0.974
2	25	1.250	4.500	0.700	0.992	0.990
3	30	1.200	5.000	0.640	0.924	0.929
4	30	1.250	4.700	0.720	0.973	0.973
5	30	1.300	4.400	0.760	0.985	0.989
6	30	1.350	3.400	0.720	0.983	0.988
7	30	1.400	2.550	0.640	0.980	0.983
8	30	1.450	2.400	0.660	0.976	0.982
9	30	1.500	1.950	0.600	0.974	0.977
10	35	1.250	5.000	0.740	0.923	0.929
11	35	1.300	5.000	0.800	0.974	0.973
12	35	1.350	4.300	0.800	0.976	0.987
13	35	1.400	2.950	0.720	0.973	0.979
14	35	1.450	2.450	0.700	0.971	0.975
15	35	1.500	2.000	0.640	0.969	0.970
16	35	1.550	1.950	0.660	0.962	0.978
17	35	1.600	1.550	0.580	0.964	0.962
18	35	1.650	1.500	0.580	0.959	0.969
19	35	1.700	1.450	0.580	0.952	0.955
20	40	1.300	4.750	0.780	0.922	0.916
21	40	1.350	4.950	0.840	0.962	0.957
22	40	1.400	3.450	0.780	0.964	0.967
23	40	1.450	4.450	0.380	0.965	0.984
24	40	1.500	3.950	0.360	0.962	0.979
25	40	1.550	1.950	0.680	0.953	0.971
26	40	1.600	3.300	0.340	0.952	0.977
27	40	1.650	1.500	0.620	0.949	0.962
28	40	1.700	1.450	0.620	0.943	0.970
29	40	1.750	3.950	0.600	0.940	0.957
30	40	1.800	1.350	0.620	0.930	0.934
31	40	1.850	1.050	0.520	0.935	0.939
32	40	1.900	1.000	0.520	0.929	0.949
33	45	1.350	4.750	0.820	0.910	0.912
34	45	1.400	5.000	0.500	0.960	0.977
35	45	1.450	4.400	0.480	0.964	0.965
36	45	1.500	3.900	0.440	0.960	0.987
37	45	1.550	2.050	0.720	0.938	0.940
38	45	1.600	3.250	0.420	0.952	0.967
39	45	1.650	1.550	0.660	0.935	0.939
40	45	1.700	2.750	0.360	0.937	0.937
41	45	1.750	4.850	0.480	0.940	0.942

【図 32】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
42	45	1.800	4.100	0.300	0.919	0.927
43	45	1.850	1.050	0.560	0.922	0.922
44	45	1.900	1.050	0.560	0.912	0.945
45	45	1.950	1.000	0.560	0.910	0.954
46	45	2.000	4.650	0.360	0.905	0.951
47	45	2.050	2.600	0.520	0.901	0.912
48	50	1.400	5.000	0.560	0.940	0.983
49	50	1.450	4.450	0.540	0.958	0.996
50	50	1.500	3.900	0.500	0.953	0.986
51	50	1.550	3.400	0.460	0.945	0.920
52	50	1.600	3.250	0.480	0.943	0.978
53	50	1.650	4.800	0.380	0.922	0.941
54	50	1.700	2.750	0.420	0.930	0.970
55	50	1.750	2.600	0.440	0.926	0.925
56	50	1.800	4.700	0.520	0.921	0.910
57	50	1.900	2.150	0.360	0.902	0.913
58	50	1.950	2.050	0.380	0.903	0.952
59	55	1.450	4.950	0.620	0.935	0.997
60	55	1.500	4.350	0.600	0.938	0.970
61	55	1.550	3.800	0.560	0.933	0.984
62	55	1.600	3.300	0.520	0.930	0.990
63	55	1.650	3.150	0.520	0.923	0.942
64	55	1.700	2.750	0.460	0.920	0.947
65	55	1.750	2.600	0.480	0.906	0.959
66	60	1.300	5.000	0.340	0.909	0.918
67	60	1.350	5.000	0.280	0.916	0.995
68	60	1.400	4.250	0.280	0.932	0.954
69	60	1.450	4.350	0.220	0.924	0.982
70	60	1.500	4.450	0.180	0.912	0.930
71	60	1.550	3.850	0.600	0.909	0.988
72	60	1.600	3.650	0.600	0.902	0.927
73	60	1.700	2.750	0.500	0.902	0.916
74	65	1.300	4.650	0.380	0.936	0.936
75	65	1.350	4.200	0.420	0.920	0.923
76	65	1.400	3.800	0.300	0.904	0.909
77	65	1.450	3.400	0.360	0.905	0.919
78	70	1.300	4.500	0.500	0.918	0.937
79	75	1.100	4.750	0.180	0.927	0.922
80	80	1.050	5.000	0.580	0.931	0.925

【図 33】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
1	25	1.200	4.800	0.620	0.973	0.974
2	25	1.250	4.500	0.700	0.992	0.990
3	30	1.200	5.000	0.640	0.924	0.929
4	30	1.250	4.700	0.720	0.973	0.973
5	30	1.300	4.400	0.760	0.985	0.989
6	30	1.350	3.400	0.720	0.983	0.988
7	30	1.400	2.550	0.640	0.980	0.983
8	30	1.450	2.400	0.660	0.976	0.982
9	30	1.500	1.950	0.600	0.974	0.977
10	35	1.250	5.000	0.740	0.923	0.929
11	35	1.300	5.000	0.800	0.974	0.973
12	35	1.350	3.900	0.780	0.978	0.976
13	35	1.400	2.950	0.720	0.973	0.979
14	35	1.450	2.450	0.700	0.971	0.975
15	35	1.500	2.000	0.640	0.969	0.970
16	35	1.550	3.800	0.300	0.960	0.964
17	35	1.600	1.550	0.580	0.964	0.962
18	35	1.650	1.500	0.580	0.959	0.969
19	35	1.700	1.450	0.580	0.952	0.955
20	40	1.300	4.750	0.780	0.922	0.916
21	40	1.350	4.950	0.840	0.962	0.957
22	40	1.400	3.450	0.780	0.964	0.967
23	40	1.450	4.350	0.400	0.963	0.959
24	40	1.500	3.900	0.380	0.959	0.970
25	40	1.550	1.950	0.700	0.949	0.963
26	40	1.600	3.250	0.360	0.945	0.964
27	40	1.650	1.500	0.620	0.949	0.962
28	40	1.700	1.750	0.700	0.932	0.937
29	40	1.750	3.950	0.600	0.940	0.957
30	40	1.800	1.350	0.620	0.930	0.934
31	40	1.850	1.050	0.520	0.935	0.939
32	40	1.900	1.000	0.520	0.929	0.949
33	45	1.350	4.750	0.820	0.910	0.912
34	45	1.400	4.950	0.520	0.967	0.952
35	45	1.450	4.400	0.480	0.964	0.965
36	45	1.500	3.850	0.460	0.957	0.969
37	45	1.550	2.050	0.720	0.938	0.940
38	45	1.600	3.250	0.420	0.952	0.967
39	45	1.650	1.550	0.660	0.935	0.939
40	45	1.700	2.750	0.360	0.937	0.937
41	45	1.750	4.850	0.480	0.940	0.942

【図 34】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
42	45	1.800	4.100	0.300	0.919	0.927
43	45	1.850	1.050	0.560	0.922	0.922
44	45	1.900	3.350	0.600	0.909	0.911
45	45	1.950	3.000	0.560	0.909	0.928
46	45	2.000	2.900	0.560	0.902	0.896
47	45	2.050	2.600	0.520	0.901	0.912
48	45	2.100	0.900	0.540	0.889	0.924
49	50	1.400	5.000	0.860	0.918	0.917
50	50	1.450	4.250	0.860	0.926	0.947
51	50	1.500	2.900	0.800	0.922	0.941
52	50	1.550	3.400	0.460	0.945	0.920
53	50	1.600	1.950	0.740	0.915	0.938
54	50	1.650	4.800	0.380	0.922	0.941
55	50	1.700	1.500	0.680	0.910	0.943
56	50	1.750	2.600	0.440	0.926	0.925
57	50	1.800	4.700	0.520	0.921	0.910
58	50	1.850	1.100	0.580	0.896	0.898
59	50	1.900	2.150	0.360	0.902	0.913
60	50	1.950	3.800	0.460	0.888	0.902
61	50	2.000	3.650	0.460	0.900	0.886
62	50	2.050	4.300	0.280	0.870	0.883
63	50	2.100	4.150	0.540	0.877	0.905
64	50	2.150	3.150	0.420	0.886	0.886
65	50	2.200	3.000	0.420	0.857	0.873
66	55	1.400	5.000	0.620	0.854	0.866
67	55	1.450	4.550	0.580	0.941	0.922
68	55	1.500	3.950	0.560	0.936	0.950
69	55	1.550	4.700	0.160	0.923	0.953
70	55	1.600	5.000	0.440	0.929	0.928
71	55	1.650	3.150	0.520	0.923	0.942
72	55	1.700	2.750	0.460	0.920	0.947
73	55	1.750	4.550	0.220	0.880	0.878
74	55	1.800	4.550	0.200	0.886	0.923
75	55	1.850	3.600	0.380	0.893	0.903
76	55	1.900	2.100	0.400	0.889	0.920
77	55	1.950	4.000	0.520	0.865	0.863
78	55	2.000	3.700	0.480	0.875	0.881
79	55	2.050	3.600	0.480	0.865	0.866
80	55	2.100	2.850	0.340	0.867	0.885
81	55	2.150	4.700	0.480	0.863	0.896
82	60	1.300	5.000	0.340	0.909	0.918
83	60	1.350	4.700	0.320	0.884	0.922
84	60	1.400	4.250	0.280	0.932	0.954
85	60	1.450	5.000	0.660	0.910	0.947

【図 3 5】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
86	60	1.500	4.450	0.180	0.912	0.930
87	60	1.550	4.400	0.160	0.906	0.902
88	60	1.600	3.650	0.600	0.902	0.927
89	60	1.650	4.800	0.500	0.895	0.886
90	60	1.700	2.750	0.500	0.902	0.916
91	60	1.750	4.050	0.260	0.868	0.903
92	60	1.800	2.550	0.500	0.880	0.925
93	60	1.850	3.600	0.420	0.879	0.889
94	60	1.900	4.250	0.540	0.851	0.850
95	60	1.950	4.100	0.540	0.850	0.895
96	60	2.000	2.000	0.440	0.864	0.907
97	65	1.300	4.650	0.380	0.936	0.936
98	65	1.350	4.200	0.420	0.920	0.923
99	65	1.400	3.800	0.300	0.904	0.909
100	65	1.450	3.400	0.360	0.905	0.919
101	65	1.500	4.500	0.660	0.876	0.872
102	65	1.550	3.900	0.620	0.876	0.884
103	65	1.600	4.400	0.320	0.860	0.852
104	65	1.650	4.150	0.340	0.870	0.905
105	65	1.850	5.000	0.440	0.859	0.898
106	70	1.100	4.900	0.260	0.894	0.896
107	70	1.150	4.700	0.160	0.889	0.888
108	70	1.200	5.000	0.100	0.898	0.878
109	70	1.250	4.900	0.080	0.875	0.882
110	70	1.300	4.500	0.500	0.918	0.937
111	70	1.350	3.750	0.420	0.890	0.905
112	70	1.400	3.500	0.440	0.897	0.927
113	70	1.450	3.350	0.440	0.853	0.861
114	70	1.500	2.900	0.320	0.859	0.857
115	75	1.100	4.750	0.180	0.927	0.922
116	75	1.150	4.500	0.120	0.896	0.897
117	75	1.200	4.650	0.080	0.874	0.884
118	75	1.250	2.800	0.120	0.861	0.853
119	75	1.300	4.550	0.560	0.862	0.876
120	75	1.350	4.200	0.560	0.851	0.853
121	80	1.050	5.000	0.580	0.931	0.925
122	80	1.100	4.200	0.140	0.888	0.888

【図 36】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
1	25	1.200	4.800	0.620	0.973	0.974
2	25	1.250	4.500	0.700	0.992	0.990
3	30	1.200	5.000	0.640	0.924	0.929
4	30	1.250	4.700	0.720	0.973	0.973
5	30	1.300	4.400	0.760	0.985	0.989
6	30	1.350	3.400	0.720	0.983	0.988
7	30	1.400	2.550	0.640	0.980	0.983
8	30	1.450	2.400	0.660	0.976	0.982
9	30	1.500	1.950	0.600	0.974	0.977
10	35	1.250	5.000	0.740	0.923	0.929
11	35	1.300	5.000	0.800	0.974	0.973
12	35	1.350	4.300	0.800	0.976	0.987
13	35	1.400	2.950	0.720	0.973	0.979
14	35	1.450	2.450	0.700	0.971	0.975
15	35	1.500	2.000	0.640	0.969	0.970
16	35	1.550	1.950	0.660	0.962	0.978
17	35	1.600	1.550	0.580	0.964	0.962
18	35	1.650	1.500	0.580	0.959	0.969
19	35	1.700	1.450	0.580	0.952	0.955
20	40	1.300	4.750	0.780	0.922	0.916
21	40	1.350	4.950	0.840	0.962	0.957
22	40	1.400	3.450	0.780	0.964	0.967
23	40	1.450	4.450	0.380	0.965	0.984
24	40	1.500	3.950	0.360	0.962	0.979
25	40	1.550	1.950	0.680	0.953	0.971
26	40	1.600	3.300	0.340	0.952	0.977
27	40	1.650	1.500	0.620	0.949	0.962
28	40	1.700	1.450	0.620	0.943	0.970
29	40	1.750	3.950	0.600	0.940	0.957
30	40	1.800	1.350	0.620	0.930	0.934
31	40	1.850	1.050	0.520	0.935	0.939
32	40	1.900	1.000	0.520	0.929	0.949
33	45	1.350	4.750	0.820	0.910	0.912
34	45	1.400	5.000	0.500	0.960	0.977
35	45	1.450	4.400	0.480	0.964	0.965
36	45	1.500	3.850	0.460	0.957	0.969
37	45	1.550	2.050	0.720	0.938	0.940
38	45	1.600	3.250	0.420	0.952	0.967
39	45	1.650	1.550	0.660	0.935	0.939
40	45	1.700	2.750	0.360	0.937	0.937
41	45	1.750	4.850	0.480	0.940	0.942

【図 37】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
42	45	1.800	4.100	0.300	0.919	0.927
43	45	1.850	1.050	0.560	0.922	0.922
44	45	1.900	1.050	0.560	0.912	0.945
45	45	1.950	1.000	0.560	0.910	0.954
46	45	2.000	4.650	0.360	0.905	0.951
47	45	2.050	2.600	0.520	0.901	0.912
48	50	1.400	5.000	0.860	0.918	0.917
49	50	1.450	4.500	0.560	0.939	0.971
50	50	1.500	3.950	0.500	0.948	0.980
51	50	1.550	3.400	0.460	0.945	0.920
52	50	1.600	3.300	0.480	0.933	0.966
53	50	1.650	4.800	0.380	0.922	0.941
54	50	1.700	2.750	0.420	0.930	0.970
55	50	1.750	2.600	0.440	0.926	0.925
56	50	1.800	4.700	0.520	0.921	0.910
57	50	1.900	2.150	0.360	0.902	0.913
58	50	1.950	2.050	0.380	0.903	0.952
59	55	1.450	4.550	0.600	0.928	0.955
60	55	1.500	4.350	0.600	0.938	0.970
61	55	1.550	4.700	0.160	0.923	0.953
62	55	1.600	5.000	0.440	0.929	0.928
63	55	1.650	3.150	0.520	0.923	0.942
64	55	1.700	2.750	0.460	0.920	0.947
65	60	1.300	5.000	0.340	0.909	0.918
66	60	1.400	4.250	0.280	0.932	0.954
67	60	1.450	5.000	0.660	0.910	0.947
68	60	1.500	4.450	0.180	0.912	0.930
69	60	1.550	4.400	0.160	0.906	0.902
70	60	1.600	3.650	0.600	0.902	0.927
71	60	1.700	2.750	0.500	0.902	0.916
72	65	1.300	4.650	0.380	0.936	0.936
73	65	1.350	4.200	0.420	0.920	0.923
74	65	1.400	3.800	0.300	0.904	0.909
75	65	1.450	3.400	0.360	0.905	0.919
76	70	1.300	4.500	0.500	0.918	0.937
77	75	1.100	4.750	0.180	0.927	0.922
78	80	1.050	5.000	0.580	0.931	0.925

【図 38】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
1	25	1.200	4.800	0.620	0.973	0.974
2	25	1.250	4.500	0.700	0.992	0.990
3	30	1.200	5.000	0.640	0.924	0.929
4	30	1.250	4.700	0.720	0.973	0.973
5	30	1.300	4.400	0.760	0.985	0.989
6	30	1.350	3.400	0.720	0.983	0.988
7	30	1.400	2.550	0.640	0.980	0.983
8	30	1.450	2.400	0.660	0.976	0.982
9	30	1.500	1.950	0.600	0.974	0.977
10	35	1.250	5.000	0.740	0.923	0.929
11	35	1.300	5.000	0.800	0.974	0.973
12	35	1.350	3.900	0.780	0.978	0.976
13	35	1.400	2.950	0.720	0.973	0.979
14	35	1.450	2.450	0.700	0.971	0.975
15	35	1.500	2.000	0.640	0.969	0.970
16	35	1.550	3.800	0.300	0.960	0.964
17	35	1.600	1.550	0.580	0.964	0.962
18	35	1.650	1.500	0.580	0.959	0.969
19	35	1.700	1.450	0.580	0.952	0.955
20	40	1.300	4.750	0.780	0.922	0.916
21	40	1.350	4.950	0.840	0.962	0.957
22	40	1.400	3.450	0.780	0.964	0.967
23	40	1.450	4.350	0.400	0.963	0.959
24	40	1.500	3.900	0.380	0.959	0.970
25	40	1.550	1.950	0.700	0.949	0.963
26	40	1.600	3.300	0.360	0.945	0.956
27	40	1.650	1.500	0.620	0.949	0.962
28	40	1.700	1.750	0.700	0.932	0.937
29	40	1.750	2.700	0.300	0.936	0.932
30	40	1.800	1.350	0.620	0.930	0.934
31	40	1.850	1.050	0.520	0.935	0.939
32	40	1.900	1.000	0.520	0.929	0.949
33	45	1.350	4.750	0.820	0.910	0.912
34	45	1.400	4.900	0.520	0.952	0.958
35	45	1.450	4.400	0.480	0.964	0.965
36	45	1.500	3.900	0.460	0.956	0.958
37	45	1.550	2.050	0.720	0.938	0.940
38	45	1.600	3.250	0.420	0.952	0.967
39	45	1.650	1.550	0.660	0.935	0.939
40	45	1.700	2.750	0.360	0.937	0.937
41	45	1.750	4.850	0.480	0.940	0.942

【図 39】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{TE}	η_{TM}
42	45	1.800	4.100	0.300	0.919	0.927
43	45	1.850	1.050	0.560	0.922	0.922
44	45	1.900	3.350	0.600	0.909	0.911
45	45	1.950	3.000	0.560	0.909	0.928
46	45	2.050	2.600	0.520	0.901	0.912
47	50	1.400	5.000	0.860	0.918	0.917
48	50	1.450	3.850	0.840	0.926	0.935
49	50	1.500	2.900	0.800	0.922	0.941
50	50	1.550	3.350	0.460	0.925	0.920
51	50	1.600	1.950	0.740	0.915	0.938
52	50	1.650	4.800	0.380	0.922	0.941
53	50	1.750	2.600	0.440	0.926	0.925
54	50	1.800	4.700	0.520	0.921	0.910
55	50	1.900	2.150	0.360	0.902	0.913
56	55	1.450	4.550	0.580	0.941	0.922
57	55	1.500	3.950	0.560	0.936	0.950
58	55	1.600	5.000	0.440	0.929	0.928
59	55	1.650	3.150	0.520	0.923	0.942
60	60	1.300	5.000	0.340	0.909	0.918
61	60	1.400	4.200	0.300	0.931	0.917
62	60	1.500	4.450	0.180	0.912	0.930
63	60	1.550	4.400	0.160	0.906	0.902
64	60	1.700	2.750	0.500	0.902	0.916
65	65	1.300	4.650	0.380	0.936	0.936
66	65	1.350	4.200	0.420	0.920	0.923
67	65	1.400	3.800	0.300	0.904	0.909
68	65	1.450	3.400	0.360	0.905	0.919
69	70	1.300	4.500	0.500	0.918	0.937
70	75	1.100	4.750	0.180	0.927	0.922
71	80	1.050	5.000	0.580	0.931	0.925

【図 40】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	4.950	0.640	0.965	0.981
2	25	1.250	4.700	0.740	0.966	0.978
3	30	1.200	5.000	0.640	0.904	0.941
4	30	1.250	4.700	0.720	0.957	0.977
5	30	1.300	4.600	0.780	0.973	0.985
6	30	1.350	4.600	0.800	0.969	0.980
7	30	1.400	3.250	0.740	0.971	0.982
8	30	1.450	2.400	0.660	0.971	0.982
9	30	1.500	3.150	0.780	0.910	0.940
10	35	1.250	5.000	0.740	0.898	0.939
11	35	1.300	5.000	0.800	0.953	0.976
12	35	1.350	4.100	0.800	0.955	0.973
13	35	1.400	2.950	0.720	0.964	0.982
14	35	1.450	2.450	0.700	0.964	0.979
15	35	1.500	2.000	0.640	0.961	0.974
16	35	1.550	2.250	0.700	0.941	0.961
17	35	1.600	1.550	0.580	0.955	0.967
18	35	1.650	1.500	0.580	0.951	0.969
19	35	1.700	1.650	0.660	0.898	0.934
20	40	1.300	4.750	0.780	0.881	0.926
21	40	1.350	5.000	0.840	0.935	0.965
22	40	1.400	3.450	0.780	0.949	0.972
23	40	1.450	2.850	0.780	0.936	0.961
24	40	1.500	2.100	0.660	0.937	0.960
25	40	1.550	1.950	0.700	0.943	0.968
26	40	1.600	1.600	0.600	0.931	0.951
27	40	1.650	1.500	0.620	0.940	0.965
28	40	1.700	1.750	0.700	0.925	0.948
29	40	1.750	1.650	0.700	0.898	0.928
30	40	1.800	1.350	0.620	0.920	0.944
31	40	1.850	1.050	0.520	0.929	0.944
32	40	1.900	1.200	0.620	0.864	0.912
33	45	1.400	4.350	0.840	0.916	0.954
34	45	1.450	3.350	0.820	0.919	0.951
35	45	1.500	2.500	0.760	0.926	0.954
36	45	1.550	2.000	0.700	0.923	0.952
37	45	1.600	1.650	0.620	0.884	0.921
38	45	1.650	1.550	0.660	0.924	0.947
39	45	1.700	2.100	0.760	0.877	0.919
40	45	1.750	1.750	0.720	0.894	0.934
41	45	1.800	1.150	0.560	0.891	0.920

【図 4 1】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
42	45	1.850	1.050	0.560	0.912	0.929
43	45	1.900	1.300	0.660	0.879	0.913
44	50	1.450	3.850	0.840	0.899	0.942
45	50	1.500	2.900	0.820	0.876	0.918
46	50	1.550	2.100	0.720	0.873	0.916
47	50	1.600	1.950	0.760	0.886	0.930
48	50	1.650	1.600	0.660	0.886	0.919
49	50	1.700	1.500	0.680	0.900	0.949
50	50	1.750	2.100	0.780	0.852	0.901
51	50	1.800	1.150	0.620	0.855	0.895
52	50	1.850	1.100	0.580	0.884	0.908
53	50	1.900	1.050	0.580	0.884	0.933
54	55	1.500	3.350	0.840	0.864	0.914
55	55	1.600	2.050	0.760	0.862	0.909
56	55	1.700	1.500	0.720	0.862	0.899

【図 4 2】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	4.950	0.640	0.965	0.981
2	25	1.250	4.750	0.720	0.977	0.990
3	30	1.200	5.000	0.640	0.904	0.941
4	30	1.250	5.000	0.740	0.964	0.983
5	30	1.300	4.350	0.760	0.975	0.988
6	30	1.350	3.400	0.720	0.977	0.989
7	30	1.400	2.550	0.640	0.972	0.985
8	30	1.450	2.400	0.660	0.971	0.982
9	30	1.500	4.900	0.220	0.939	0.976
10	35	1.300	5.000	0.800	0.953	0.976
11	35	1.350	3.900	0.780	0.961	0.979
12	35	1.400	2.950	0.720	0.964	0.982
13	35	1.450	2.450	0.700	0.964	0.979
14	35	1.500	2.000	0.640	0.961	0.974
15	35	1.550	1.950	0.640	0.955	0.977
16	35	1.600	1.550	0.580	0.955	0.967
17	35	1.650	1.500	0.580	0.951	0.969
18	35	1.700	3.100	0.260	0.913	0.955
19	40	1.350	4.650	0.820	0.935	0.967
20	40	1.400	3.450	0.780	0.949	0.972
21	40	1.450	2.900	0.760	0.951	0.980
22	40	1.500	2.400	0.740	0.947	0.977
23	40	1.550	1.950	0.700	0.943	0.968
24	40	1.600	1.600	0.600	0.931	0.951
25	40	1.650	1.500	0.620	0.940	0.965
26	40	1.700	1.450	0.620	0.934	0.971
27	40	1.750	1.400	0.620	0.927	0.965
28	40	1.800	1.350	0.620	0.920	0.944
29	40	1.850	1.050	0.520	0.929	0.944
30	45	1.400	4.400	0.840	0.919	0.958
31	45	1.450	3.400	0.820	0.919	0.957
32	45	1.500	2.500	0.760	0.926	0.954
33	45	1.550	2.000	0.700	0.923	0.952
34	45	1.600	2.950	0.820	0.901	0.944
35	45	1.650	1.550	0.660	0.924	0.947
36	45	1.850	1.050	0.560	0.912	0.929
37	50	1.500	2.900	0.800	0.901	0.948
38	50	1.600	1.950	0.740	0.901	0.946

【図 43】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{\min}	η_{\max}
1	25	1.200	4.950	0.640	0.965	0.981
2	25	1.250	4.650	0.740	0.962	0.973
3	30	1.250	4.700	0.720	0.957	0.977
4	30	1.300	4.600	0.780	0.973	0.985
5	30	1.350	4.600	0.800	0.969	0.980
6	30	1.400	4.000	0.800	0.962	0.972
7	30	1.450	2.400	0.660	0.971	0.982
8	35	1.300	5.000	0.800	0.953	0.976
9	35	1.350	4.100	0.800	0.955	0.973
10	35	1.400	2.950	0.720	0.964	0.982
11	35	1.450	2.450	0.700	0.964	0.979
12	35	1.500	2.000	0.640	0.961	0.974
13	35	1.550	2.250	0.700	0.941	0.961
14	35	1.600	1.550	0.580	0.955	0.967
15	35	1.650	1.500	0.580	0.951	0.969
16	40	1.400	3.450	0.780	0.949	0.972
17	40	1.500	2.100	0.660	0.937	0.960
18	40	1.600	1.600	0.600	0.931	0.951
19	40	1.650	1.500	0.620	0.940	0.965
20	40	1.700	1.750	0.700	0.925	0.948
21	40	1.800	1.050	0.560	0.905	0.926
22	40	1.850	1.050	0.520	0.929	0.944
23	45	1.650	1.550	0.660	0.924	0.947
24	45	1.850	1.050	0.560	0.912	0.929

【図 4 4】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	4.800	0.620	0.965	0.979
2	25	1.250	4.750	0.720	0.982	0.990
3	30	1.200	4.850	0.620	0.904	0.933
4	30	1.250	4.700	0.720	0.962	0.977
5	30	1.300	4.350	0.760	0.978	0.988
6	30	1.350	4.600	0.800	0.973	0.980
7	30	1.400	4.000	0.800	0.964	0.971
8	30	1.450	2.400	0.660	0.973	0.982
9	30	1.500	3.150	0.780	0.915	0.940
10	35	1.250	5.000	0.740	0.907	0.939
11	35	1.300	5.000	0.800	0.960	0.976
12	35	1.350	3.900	0.780	0.966	0.979
13	35	1.400	2.950	0.740	0.958	0.972
14	35	1.450	3.600	0.800	0.954	0.966
15	35	1.500	2.000	0.640	0.964	0.973
16	35	1.550	2.250	0.700	0.944	0.959
17	35	1.600	1.550	0.580	0.957	0.966
18	35	1.650	1.500	0.580	0.954	0.969
19	35	1.700	1.650	0.660	0.905	0.931
20	40	1.300	4.750	0.780	0.892	0.926
21	40	1.350	5.000	0.840	0.943	0.965
22	40	1.400	3.450	0.780	0.955	0.972
23	40	1.450	2.850	0.780	0.940	0.960
24	40	1.500	2.100	0.660	0.941	0.959
25	40	1.550	1.950	0.700	0.945	0.967
26	40	1.600	1.600	0.600	0.934	0.949
27	40	1.650	1.500	0.620	0.943	0.964
28	40	1.700	1.750	0.700	0.927	0.945
29	40	1.750	1.650	0.700	0.902	0.925
30	40	1.800	1.350	0.620	0.923	0.941
31	40	1.850	1.050	0.520	0.931	0.943
32	40	1.900	1.200	0.600	0.865	0.901
33	45	1.350	4.750	0.820	0.882	0.923
34	45	1.400	4.350	0.840	0.927	0.954
35	45	1.450	3.350	0.820	0.927	0.950
36	45	1.500	2.500	0.760	0.932	0.953
37	45	1.550	2.050	0.720	0.926	0.948
38	45	1.600	1.650	0.620	0.890	0.917
39	45	1.650	1.550	0.660	0.928	0.945
40	45	1.700	2.100	0.760	0.883	0.915
41	45	1.750	1.750	0.720	0.899	0.931

【図 45】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
42	45	1.800	1.150	0.560	0.895	0.918
43	45	1.850	1.050	0.560	0.915	0.928
44	45	1.900	1.300	0.660	0.884	0.910
45	45	1.950	1.250	0.660	0.850	0.885
46	45	2.000	1.150	0.640	0.830	0.863
47	45	2.050	1.100	0.640	0.810	0.844
48	45	2.100	0.750	0.460	0.804	0.848
49	50	1.400	5.000	0.860	0.884	0.925
50	50	1.450	3.850	0.840	0.909	0.942
51	50	1.500	2.900	0.820	0.885	0.916
52	50	1.550	2.100	0.720	0.880	0.915
53	50	1.600	1.950	0.760	0.890	0.928
54	50	1.650	1.600	0.660	0.891	0.916
55	50	1.700	2.800	0.840	0.835	0.877
56	50	1.750	2.100	0.780	0.860	0.897
57	50	1.800	1.150	0.620	0.861	0.891
58	50	1.850	1.100	0.580	0.887	0.906
59	50	1.900	1.550	0.740	0.824	0.857
60	50	1.950	1.300	0.660	0.840	0.876
61	50	2.000	1.250	0.680	0.825	0.855
62	50	2.050	1.150	0.680	0.815	0.858
63	50	2.250	0.850	0.560	0.832	0.863
64	55	1.450	4.800	0.880	0.860	0.905
65	55	1.500	3.350	0.840	0.874	0.914
66	55	1.550	2.500	0.800	0.861	0.899
67	55	1.600	2.000	0.760	0.860	0.894
68	55	1.650	1.650	0.680	0.828	0.871
69	55	1.700	1.500	0.720	0.865	0.896
70	55	1.800	1.200	0.620	0.818	0.863
71	55	1.850	1.100	0.620	0.846	0.877
72	55	1.900	1.050	0.620	0.862	0.909
73	55	2.400	1.400	0.340	0.808	0.850
74	60	1.500	3.450	0.840	0.810	0.860
75	60	1.550	2.900	0.840	0.827	0.870
76	60	1.700	1.550	0.720	0.816	0.854
77	60	1.900	1.050	0.640	0.823	0.871

【図 46】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	4.800	0.620	0.965	0.979
2	25	1.250	4.750	0.720	0.982	0.990
3	30	1.200	5.000	0.640	0.910	0.940
4	30	1.250	4.700	0.720	0.962	0.977
5	30	1.300	4.350	0.760	0.978	0.988
6	30	1.350	4.600	0.800	0.973	0.980
7	30	1.400	3.250	0.740	0.973	0.982
8	30	1.450	2.400	0.660	0.973	0.982
9	30	1.500	3.150	0.780	0.915	0.940
10	35	1.250	5.000	0.740	0.907	0.939
11	35	1.300	5.000	0.800	0.960	0.976
12	35	1.350	3.900	0.780	0.966	0.979
13	35	1.400	2.950	0.740	0.958	0.972
14	35	1.450	2.450	0.700	0.967	0.978
15	35	1.500	2.000	0.640	0.964	0.973
16	35	1.550	2.250	0.700	0.944	0.959
17	35	1.600	1.550	0.580	0.957	0.966
18	35	1.650	1.500	0.580	0.954	0.969
19	35	1.700	1.650	0.660	0.905	0.931
20	40	1.300	4.750	0.780	0.892	0.926
21	40	1.350	5.000	0.840	0.943	0.965
22	40	1.400	3.450	0.780	0.955	0.972
23	40	1.450	2.850	0.780	0.940	0.960
24	40	1.500	2.100	0.660	0.941	0.959
25	40	1.550	1.950	0.700	0.945	0.967
26	40	1.600	1.600	0.600	0.934	0.949
27	40	1.650	1.500	0.620	0.943	0.964
28	40	1.700	1.750	0.700	0.927	0.945
29	40	1.750	1.650	0.700	0.902	0.925
30	40	1.800	1.350	0.620	0.923	0.941
31	40	1.850	1.050	0.520	0.931	0.943
32	40	1.900	1.000	0.520	0.913	0.952
33	45	1.350	4.750	0.820	0.882	0.923
34	45	1.400	4.350	0.840	0.927	0.954
35	45	1.450	3.350	0.820	0.927	0.950
36	45	1.500	2.500	0.760	0.932	0.953
37	45	1.550	2.000	0.700	0.928	0.950
38	45	1.600	2.950	0.820	0.907	0.941
39	45	1.650	1.550	0.660	0.928	0.945
40	45	1.700	2.100	0.760	0.883	0.915
41	45	1.750	1.750	0.720	0.899	0.931

【図 4 7】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
42	45	1.800	1.150	0.560	0.895	0.918
43	45	1.850	1.050	0.560	0.915	0.928
44	45	1.900	1.300	0.660	0.884	0.910
45	45	1.950	3.000	0.560	0.883	0.929
46	50	1.400	5.000	0.860	0.884	0.925
47	50	1.450	3.850	0.840	0.909	0.942
48	50	1.500	2.950	0.820	0.892	0.926
49	50	1.550	2.100	0.720	0.880	0.915
50	50	1.600	1.950	0.760	0.890	0.928
51	50	1.650	1.600	0.660	0.891	0.916
52	50	1.700	1.500	0.680	0.904	0.948
53	50	1.750	2.100	0.780	0.860	0.897
54	50	1.800	1.150	0.620	0.861	0.891
55	50	1.850	1.100	0.580	0.887	0.906
56	50	1.900	1.050	0.580	0.887	0.932
57	55	1.450	4.850	0.880	0.866	0.911
58	55	1.500	3.400	0.840	0.880	0.921
59	55	1.550	2.500	0.800	0.861	0.899
60	55	1.600	2.050	0.760	0.870	0.906
61	55	1.700	1.550	0.700	0.873	0.914
62	55	1.900	1.050	0.620	0.862	0.909

【図 48】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	4.950	0.640	0.966	0.980
2	25	1.250	4.800	0.720	0.983	0.991
3	30	1.200	5.000	0.640	0.910	0.940
4	30	1.250	4.950	0.740	0.966	0.980
5	30	1.300	4.400	0.760	0.980	0.990
6	30	1.350	3.400	0.720	0.979	0.989
7	30	1.400	2.550	0.640	0.975	0.985
8	30	1.450	2.400	0.660	0.973	0.982
9	30	1.500	4.900	0.220	0.945	0.976
10	35	1.250	5.000	0.740	0.907	0.939
11	35	1.300	5.000	0.800	0.960	0.976
12	35	1.350	3.900	0.780	0.966	0.979
13	35	1.400	2.950	0.720	0.967	0.982
14	35	1.450	2.450	0.700	0.967	0.978
15	35	1.500	2.000	0.640	0.964	0.973
16	35	1.550	1.950	0.640	0.958	0.977
17	35	1.600	1.550	0.580	0.957	0.966
18	35	1.650	1.500	0.580	0.954	0.969
19	35	1.700	1.400	0.580	0.929	0.962
20	40	1.350	5.000	0.840	0.943	0.965
21	40	1.400	3.450	0.780	0.955	0.972
22	40	1.450	2.900	0.760	0.955	0.980
23	40	1.500	2.400	0.740	0.950	0.977
24	40	1.550	1.950	0.700	0.945	0.967
25	40	1.600	1.600	0.600	0.934	0.949
26	40	1.650	1.500	0.620	0.943	0.964
27	40	1.700	1.450	0.620	0.937	0.971
28	40	1.750	1.400	0.620	0.930	0.964
29	40	1.800	1.350	0.620	0.923	0.941
30	40	1.850	1.050	0.520	0.931	0.943
31	40	1.900	1.000	0.520	0.913	0.952
32	45	1.400	4.400	0.840	0.930	0.958
33	45	1.450	3.350	0.820	0.927	0.950
34	45	1.500	2.500	0.760	0.932	0.953
35	45	1.550	2.000	0.700	0.928	0.950
36	45	1.600	2.950	0.820	0.907	0.941
37	45	1.650	1.550	0.660	0.928	0.945
38	45	1.700	1.500	0.660	0.918	0.966
39	45	1.750	2.600	0.380	0.912	0.962
40	45	1.850	1.050	0.560	0.915	0.928
41	45	1.900	1.050	0.560	0.903	0.945
42	50	1.450	3.850	0.840	0.909	0.942
43	50	1.500	2.900	0.800	0.908	0.948
44	50	1.550	2.400	0.780	0.908	0.952
45	50	1.600	1.950	0.740	0.906	0.945
46	50	1.700	1.500	0.680	0.904	0.948

【図 49】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η_{\min}	η_{\max}
1	25	1.200	4.800	0.620	0.965	0.979
2	25	1.250	4.750	0.720	0.982	0.990
3	30	1.250	4.700	0.720	0.962	0.977
4	30	1.300	4.350	0.760	0.978	0.988
5	30	1.350	4.600	0.800	0.973	0.980
6	30	1.400	4.000	0.800	0.964	0.971
7	30	1.450	2.400	0.660	0.973	0.982
8	30	1.500	3.150	0.780	0.915	0.940
9	35	1.300	5.000	0.800	0.960	0.976
10	35	1.350	3.900	0.780	0.966	0.979
11	35	1.400	2.950	0.740	0.958	0.972
12	35	1.450	3.600	0.800	0.954	0.966
13	35	1.500	2.000	0.640	0.964	0.973
14	35	1.550	2.250	0.700	0.944	0.959
15	35	1.600	1.550	0.580	0.957	0.966
16	35	1.650	1.500	0.580	0.954	0.969
17	40	1.350	5.000	0.840	0.943	0.965
18	40	1.400	3.450	0.780	0.955	0.972
19	40	1.450	2.850	0.780	0.940	0.960
20	40	1.500	2.100	0.660	0.941	0.959
21	40	1.550	1.950	0.700	0.945	0.967
22	40	1.600	1.600	0.600	0.934	0.949
23	40	1.650	1.500	0.620	0.943	0.964
24	40	1.700	1.750	0.700	0.927	0.945
25	40	1.750	1.650	0.700	0.902	0.925
26	40	1.800	1.350	0.620	0.923	0.941
27	40	1.850	1.050	0.520	0.931	0.943
28	45	1.450	3.350	0.820	0.927	0.950
29	45	1.500	2.500	0.760	0.932	0.953
30	45	1.550	2.050	0.720	0.926	0.948
31	45	1.650	1.550	0.660	0.928	0.945
32	45	1.850	1.050	0.560	0.915	0.928

【図 50】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	4.950	0.640	0.962	0.981
2	25	1.250	4.650	0.740	0.960	0.973
3	30	1.200	5.000	0.640	0.899	0.942
4	30	1.250	5.000	0.740	0.961	0.983
5	30	1.300	4.600	0.780	0.972	0.985
6	30	1.350	4.600	0.800	0.966	0.980
7	30	1.400	4.000	0.800	0.960	0.972
8	30	1.450	2.400	0.660	0.969	0.982
9	30	1.500	4.850	0.880	0.884	0.917
10	35	1.250	5.000	0.740	0.890	0.939
11	35	1.300	5.000	0.800	0.947	0.976
12	35	1.350	4.100	0.800	0.951	0.973
13	35	1.400	2.950	0.720	0.962	0.982
14	35	1.450	2.450	0.700	0.962	0.979
15	35	1.500	2.000	0.640	0.959	0.974
16	35	1.550	2.250	0.700	0.939	0.962
17	35	1.600	1.550	0.580	0.953	0.967
18	35	1.650	1.500	0.580	0.948	0.969
19	35	1.700	2.150	0.760	0.858	0.891
20	40	1.350	4.650	0.820	0.930	0.967
21	40	1.400	3.450	0.780	0.944	0.972
22	40	1.450	2.850	0.780	0.932	0.962
23	40	1.500	2.100	0.660	0.934	0.961
24	40	1.550	1.950	0.700	0.940	0.968
25	40	1.600	1.600	0.600	0.928	0.952
26	40	1.650	1.500	0.620	0.938	0.965
27	40	1.700	1.750	0.700	0.922	0.949
28	40	1.750	1.100	0.580	0.875	0.908
29	40	1.800	1.050	0.560	0.903	0.928
30	40	1.850	1.050	0.520	0.927	0.945
31	45	1.400	4.350	0.840	0.907	0.954
32	45	1.450	3.350	0.820	0.912	0.951
33	45	1.500	2.500	0.760	0.921	0.955
34	45	1.550	2.000	0.700	0.920	0.952
35	45	1.600	1.650	0.620	0.880	0.923
36	45	1.650	1.550	0.660	0.920	0.948
37	45	1.700	3.800	0.900	0.803	0.847
38	45	1.750	1.150	0.620	0.849	0.893
39	45	1.800	1.050	0.600	0.865	0.898
40	45	1.850	1.050	0.560	0.909	0.930
41	45	1.900	1.300	0.660	0.875	0.915

【図 5 1】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
42	45	1.950	1.250	0.660	0.842	0.885
43	45	2.000	1.150	0.640	0.821	0.870
44	50	1.500	2.950	0.820	0.878	0.928
45	50	1.650	1.600	0.660	0.881	0.921
46	50	1.800	1.100	0.640	0.835	0.878
47	50	1.850	1.100	0.580	0.880	0.910
48	50	2.000	1.250	0.680	0.814	0.862
49	55	1.700	1.500	0.720	0.858	0.901

【図 52】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	4.950	0.640	0.962	0.981
2	25	1.250	4.650	0.740	0.960	0.973
3	30	1.200	5.000	0.640	0.899	0.942
4	30	1.250	5.000	0.740	0.961	0.983
5	30	1.300	4.600	0.780	0.972	0.985
6	30	1.350	4.600	0.800	0.966	0.980
7	30	1.400	4.000	0.800	0.960	0.972
8	30	1.450	2.400	0.660	0.969	0.982
9	30	1.500	3.150	0.780	0.907	0.940
10	35	1.250	5.000	0.740	0.890	0.939
11	35	1.300	5.000	0.800	0.947	0.976
12	35	1.350	4.100	0.800	0.951	0.973
13	35	1.400	2.950	0.720	0.962	0.982
14	35	1.450	2.450	0.700	0.962	0.979
15	35	1.500	2.000	0.640	0.959	0.974
16	35	1.550	2.250	0.700	0.939	0.962
17	35	1.600	1.550	0.580	0.953	0.967
18	35	1.650	1.500	0.580	0.948	0.969
19	35	1.700	1.650	0.660	0.893	0.937
20	40	1.350	4.650	0.820	0.930	0.967
21	40	1.400	3.450	0.780	0.944	0.972
22	40	1.450	2.850	0.780	0.932	0.962
23	40	1.500	2.100	0.660	0.934	0.961
24	40	1.550	1.950	0.700	0.940	0.968
25	40	1.600	1.600	0.600	0.928	0.952
26	40	1.650	1.500	0.620	0.938	0.965
27	40	1.700	1.750	0.700	0.922	0.949
28	40	1.750	1.650	0.700	0.895	0.930
29	40	1.800	1.350	0.620	0.917	0.945
30	40	1.850	1.050	0.520	0.927	0.945
31	45	1.400	4.350	0.840	0.907	0.954
32	45	1.450	3.350	0.820	0.912	0.951
33	45	1.500	2.500	0.760	0.921	0.955
34	45	1.550	2.000	0.700	0.920	0.952
35	45	1.600	1.650	0.620	0.880	0.923
36	45	1.650	1.550	0.660	0.920	0.948
37	45	1.700	2.100	0.760	0.872	0.921
38	45	1.750	1.750	0.720	0.889	0.936
39	45	1.800	1.150	0.560	0.887	0.921
40	45	1.850	1.050	0.560	0.909	0.930
41	45	1.900	1.300	0.660	0.875	0.915

【図 5 3】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
42	50	1.500	2.950	0.820	0.878	0.928
43	50	1.650	1.600	0.660	0.881	0.921
44	50	1.800	1.150	0.620	0.850	0.899
45	50	1.850	1.100	0.580	0.880	0.910
46	55	1.700	1.500	0.720	0.858	0.901

【図 54】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	4.950	0.640	0.962	0.981
2	25	1.250	4.800	0.740	0.971	0.987
3	30	1.250	5.000	0.740	0.961	0.983
4	30	1.300	4.600	0.780	0.972	0.985
5	30	1.350	3.400	0.720	0.975	0.989
6	30	1.400	2.550	0.640	0.970	0.985
7	30	1.450	2.400	0.660	0.969	0.982
8	30	1.500	2.600	0.720	0.918	0.959
9	35	1.300	5.000	0.800	0.947	0.976
10	35	1.350	3.900	0.780	0.957	0.979
11	35	1.400	2.950	0.720	0.962	0.982
12	35	1.450	2.450	0.700	0.962	0.979
13	35	1.500	2.000	0.640	0.959	0.974
14	35	1.550	1.950	0.640	0.953	0.977
15	35	1.600	1.550	0.580	0.953	0.967
16	35	1.650	1.500	0.580	0.948	0.969
17	35	1.700	3.100	0.260	0.907	0.955
18	40	1.350	4.650	0.820	0.930	0.967
19	40	1.400	3.450	0.780	0.944	0.972
20	40	1.450	2.900	0.780	0.935	0.968
21	40	1.500	2.400	0.740	0.944	0.977
22	40	1.550	1.950	0.700	0.940	0.968
23	40	1.600	1.600	0.600	0.928	0.952
24	40	1.650	1.500	0.620	0.938	0.965
25	40	1.700	1.750	0.700	0.922	0.949
26	40	1.750	1.400	0.620	0.924	0.966
27	40	1.800	1.350	0.620	0.917	0.945
28	40	1.850	1.050	0.520	0.927	0.945
29	45	1.400	4.350	0.840	0.907	0.954
30	45	1.450	3.200	0.800	0.915	0.958
31	45	1.500	2.500	0.760	0.921	0.955
32	45	1.550	2.000	0.700	0.920	0.952
33	45	1.650	1.550	0.660	0.920	0.948
34	45	1.850	1.050	0.560	0.909	0.930

【図 55】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	4.950	0.640	0.962	0.981
2	25	1.250	4.650	0.740	0.960	0.973
3	30	1.250	5.000	0.740	0.961	0.983
4	30	1.300	4.600	0.780	0.972	0.985
5	30	1.350	4.600	0.800	0.966	0.980
6	30	1.400	4.000	0.800	0.960	0.972
7	30	1.450	2.400	0.660	0.969	0.982
8	35	1.350	4.100	0.800	0.951	0.973
9	35	1.400	2.950	0.720	0.962	0.982
10	35	1.450	2.450	0.700	0.962	0.979
11	35	1.500	2.000	0.640	0.959	0.974
12	35	1.550	2.250	0.700	0.939	0.962
13	35	1.600	1.550	0.580	0.953	0.967
14	35	1.650	1.500	0.580	0.948	0.969
15	40	1.600	1.600	0.600	0.928	0.952
16	40	1.800	1.050	0.560	0.903	0.928
17	40	1.850	1.050	0.520	0.927	0.945
18	45	1.850	1.050	0.560	0.909	0.930

【図 5 6】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	5.000	0.640	0.951	0.984
2	25	1.250	4.700	0.740	0.953	0.978
3	30	1.250	4.700	0.720	0.934	0.977
4	30	1.300	4.650	0.780	0.962	0.987
5	30	1.350	3.250	0.700	0.966	0.985
6	30	1.400	2.500	0.640	0.960	0.983
7	30	1.450	2.700	0.700	0.947	0.976
8	30	1.500	4.850	0.880	0.875	0.917
9	35	1.350	3.800	0.760	0.945	0.983
10	35	1.400	3.150	0.760	0.944	0.976
11	35	1.450	2.450	0.700	0.951	0.979
12	35	1.500	2.000	0.640	0.949	0.975
13	35	1.550	1.950	0.640	0.941	0.977
14	35	1.600	1.550	0.580	0.946	0.968
15	35	1.650	1.750	0.660	0.919	0.956
16	35	1.700	2.450	0.800	0.827	0.868
17	40	1.450	2.750	0.740	0.930	0.977
18	40	1.500	2.400	0.740	0.930	0.977
19	40	1.550	1.950	0.700	0.928	0.969
20	40	1.600	1.600	0.600	0.916	0.956
21	40	1.650	1.500	0.620	0.927	0.965
22	40	1.700	1.750	0.700	0.908	0.954
23	40	1.750	2.350	0.820	0.825	0.873
24	40	1.800	1.100	0.540	0.905	0.942
25	40	1.850	1.050	0.520	0.906	0.947
26	45	1.650	1.550	0.640	0.907	0.952

【図 5 7】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H / \lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	5.000	0.640	0.951	0.984
2	25	1.250	4.700	0.740	0.953	0.978
3	30	1.250	4.700	0.720	0.934	0.977
4	30	1.300	4.650	0.780	0.962	0.987
5	30	1.350	3.250	0.700	0.966	0.985
6	30	1.400	2.500	0.640	0.960	0.983
7	30	1.450	2.700	0.700	0.947	0.976
8	30	1.500	4.850	0.880	0.875	0.917
9	35	1.350	3.800	0.760	0.945	0.983
10	35	1.400	3.150	0.760	0.944	0.976
11	35	1.450	2.450	0.700	0.951	0.979
12	35	1.500	2.000	0.640	0.949	0.975
13	35	1.550	1.950	0.640	0.941	0.977
14	35	1.600	1.550	0.580	0.946	0.968
15	35	1.650	1.750	0.660	0.919	0.956
16	40	1.450	2.750	0.740	0.930	0.977
17	40	1.500	2.400	0.740	0.930	0.977
18	40	1.550	1.950	0.700	0.928	0.969
19	40	1.600	1.600	0.600	0.916	0.956
20	40	1.650	1.500	0.620	0.927	0.965
21	40	1.700	1.750	0.700	0.908	0.954
22	40	1.800	1.100	0.540	0.905	0.942
23	40	1.850	1.050	0.520	0.906	0.947
24	45	1.650	1.550	0.640	0.907	0.952

【図 58】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.200	5.000	0.640	0.951	0.984
2	25	1.250	4.700	0.740	0.953	0.978
3	30	1.250	4.700	0.720	0.934	0.977
4	30	1.300	4.650	0.780	0.962	0.987
5	30	1.350	3.250	0.700	0.966	0.985
6	30	1.400	2.500	0.640	0.960	0.983
7	30	1.450	2.700	0.700	0.947	0.976
8	35	1.350	3.800	0.760	0.945	0.983
9	35	1.400	3.150	0.760	0.944	0.976
10	35	1.450	2.450	0.700	0.951	0.979
11	35	1.500	2.000	0.640	0.949	0.975
12	35	1.550	1.950	0.640	0.941	0.977
13	35	1.600	1.550	0.580	0.946	0.968
14	35	1.650	1.500	0.560	0.930	0.968
15	40	1.450	2.750	0.740	0.930	0.977
16	40	1.500	2.400	0.740	0.930	0.977
17	40	1.550	1.950	0.700	0.928	0.969
18	40	1.600	1.600	0.600	0.916	0.956
19	40	1.650	1.500	0.620	0.927	0.965
20	40	1.700	1.750	0.700	0.908	0.954
21	40	1.800	1.100	0.540	0.905	0.942
22	40	1.850	1.050	0.520	0.906	0.947
23	45	1.650	1.550	0.640	0.907	0.952

【図 5 9】

No.	θ [度]	n_2/n_1	$n_1 H/\lambda$	W/L	η min	η max
1	25	1.250	4.700	0.740	0.953	0.978
2	30	1.300	4.650	0.780	0.962	0.987
3	30	1.350	3.250	0.700	0.966	0.985
4	30	1.400	2.500	0.640	0.960	0.983
5	35	1.600	1.550	0.580	0.946	0.968

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 TE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率をより一層高めることが可能な透過型回折光学素子を得ること。

【解決手段】 透過型回折光学素子1は、屈折率 n_2 の材料からなる透明平板10を有し、この透明平板10が屈折率 n_1 の媒質に接している。透明平板10の第1面10a側には、凸条20が周期 L にて多数配列されている。この凸条20は、その断面形状が高さ H で幅 W の矩形となっている。透明平板10の他方の第2面10bには反射防止層30が成膜されて設けられている。この透過型回折光学素子1は、一方の第1面10aに波長 λ の光 L_1 が入射角 θ で入射するときに、 $[(2n_1L/\lambda)\sin\theta = 1]$ 及び $[n_2/n_1 \leq 3\sin\theta]$ を満たし、且つ、透過1次回折光 L_{31} のTE偏波モードにおける回折効率及びTM偏波モードにおける回折効率が0.8以上である。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 3 2 8 9 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社